Sección III

Evaluación los tipos operativos de ecosistemas

Capítulo 10

Ríos y riberas

Universidad de Murcia, Departamento de Ecología e Hidrología

Autoras: Mª Rosario Vidal-Abarca y Mª Luisa Suárez Alonso

Colaboradores: Francisca Carreño y Javier Martínez López

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 15
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA SOCIOECOLÓGICO RÍOS Y RIBERAS 15
3. ESTADO DE CONSERVACIÓN GENERAL DEL ECOSISTEMA DE RÍOS Y RIBERAS 19
4. SERVICIOS SUMINISTRADOS. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y FUENTE DE DATOS 20
5. CONDICIONES Y TENDENCIAS DE LOS SERVICIOS EVALUADOS 29
   5.1. SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO 29
      5.1.1. Alimentos 29
      5.1.2. Agua dulce 32
      5.1.3. Materias primas de origen biológico 36
      5.1.4. Materias primas de origen mineral 37
      5.1.5. Energías renovables 39
      5.1.6. Acervo genético 40
   5.2. SERVICIOS DE REGULACIÓN 42
      5.2.1. Regulación climática 42
      5.2.2. Regulación hídrica 44
      5.2.3. Regulación morfosedimentaria 51
      5.2.4. Formación y fertilidad del suelo 52
      5.2.5. Regulación de las perturbaciones naturales 53
      5.2.6. Control biológico 55
   5.3. SERVICIOS CULTURALES 57
      5.3.1. Conocimiento científico 57
      5.3.2. Conocimiento ecológico local 58
      5.3.3. Identidad cultural y sentido de pertenencia 61
      5.3.4. Disfrute espiritual y religioso 64
      5.3.5. Paisaje-servicio estético 67
      5.3.6. Actividades recreativas y ecoturismo 68
      5.3.7. Educación ambiental 69
   5.4. TENDENCIAS GENERALES 70
6. IMPULSORES DE CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS RÍOS Y RIBERAS 71
7. ANÁLISIS DE COMPROMISOS (*TRADE-OFFS*) Y SINERGIAS 72
8. RESPUESTAS E INTERVENCIONES DE GESTIÓN 76
9. LA CONSERVACIÓN DE RÍOS Y RIBERAS Y EL BIENESTAR HUMANO 78
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 10.1. Rasgos básicos y límites cartográficos que definen a los ecosistemas ríos y riberas españoles. ..17

Tabla 10.2.Rasgos biofísicos y socioecológicos de las cuencas hidrológicas españolas. (* Datos procedentes del SIA (Sistema Integrado de Información del Agua, MARM) incluyen la parte costera.** La Cuenca Atlántica Andaluza está dividida en dos distritos diferentes. *** La Demarcación del Norte fue dividida en la del Miño-Sil y del Cantábrico por el R.D. 266/2008. (1) CH Cantábrico. (2) Junta de Andalucía (SIMA). (3) http://www.gencat.cat (Generalitat de Catalunya)). 18

Tabla 10.3. Tipos de servicios y ejemplos que proporcionan ríos y riberas de España. La importancia de cada uno de ellos se expresa por una gama de color. 21

Tabla 10.4. Servicios, indicadores, fuentes de información y unidades de medida utilizados para la evaluación de ríos y riberas españoles. 23

Tabla 10.5. Los artilugios y sistemas hidráulicos constituyen, además de un rico catálogo arquitectónico, un modelo del uso sostenible del agua acoplado al ciclo hidrológico. Así los aljibes acumulaban agua de lluvia para abastecimiento humano, las cortas y boqueras aprovechaban el agua de escorrentía y de avenida, con cigüeñales, cimbras, minas, aceñas y sobre todo con los qanats se extraía y aprovechaba el agua subterránea. Batanes, molinos y norias usaban la fuerza del agua para moler, o subir el agua a cotas donde aumentar la superficie regable. (Cressier, 1995; Pérez Picazo, 1995; Varios autores, 2008).....58

Tabla 10.6. Los oficios del agua ya desaparecidos, constituyen la manifestación más oriunda de cómo el hombre aprovechaba los servicios que generaban los ríos y sus riberas de una manera sostenible.59

Tabla 10.7. Muchas plantas de ríos y riberas se usaban, y aún se usan en alimentación, con fines terapéuticos, como materiales para construcción, etc. Hoy día, sin embargo, los problemas de contaminación orgánica y la disminución de caudales en los ríos han hecho aumentar los tramos de aguas más lentas en las que se acumula materia orgánica y se favorece el desarrollo de comunidades de organismos, como los moluscos del género *Lymnaea*, que trasmiten la duela del hígado (*Fasciola hepática*) (Rivera *et al*., 2006). 61

Tabla 10.8. Los ritos y creencias de muchas poblaciones rurales, están jugando un papel importante en la conservación de pequeños ecosistemas acuáticos. (1 = Fernández, 1995; 2 = Caro, 2008; 3 = Verde, *et al*., 1997; 1998). 65

Tabla 10.9. Evaluación global del estado de los servicios de los ríos y riberas españoles. El sentido de las flechas indica la mejora (↑) o empeoramiento (↓) del servicio, una tendencia mixta (↔), o el servicio sufre empeoramientos (↘) o mejoras (↗) a lo largo del estudio. 70

Tabla 10.10. Impulsores de cambio directo para los ríos y riberas españoles. La gama de colores indica la intensidad del impulsor en la alteración de los servicios que proporcionan ríos y riberas y la flecha indican la tendencia actual que siguen los impulsores. 71

Tabla 10.11. Algunos ejemplos de cómo la decisión de potenciar un servicio tiene efectos positivos y negativos sobre otros servicios y sobre el bienestar humano. 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 10.1. Las cuencas hidrológicas españolas son relativamente pequeñas, por las que fluye una red de drenaje corta, muy densa, de pendiente alta o muy alta y, por tanto, de cauces muy erosivos. Los materiales litológicos y la geodinámica del ámbito territorial español, imprimen un carácter especial a los ecosistemas ríos-ribera, en relación al origen, funcionamiento hidrológico y calidad del agua. (Fuente IGN).....16

Figura 10.2. Demarcaciones hidrográficas españolas según RD 266/2008. Fuente: MARM. 17

Figura 10.3. Al margen de que el 21% de los tramos de ríos estudiados según la DMA, están sin clasificar, más de 1/3 de los tramos analizados se encuentran en mal estado. (Datos extraídos del Informe del Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en España- 2009 y del Informe: Síntesis de los estudios generales de las demarcaciones hidrográficas en España, del MIMA- 2007).....19

Figura 10.4. En el año 2009, más de 1/3 de los puntos de control de la calidad del agua en los ríos españoles superaban los 100 µg-l de fosfatos. (MARM, 2009)..... 19

Figura 10.5. La aplicación del QBR (Índice de calidad de las riberas, Munné *et al.*, 2003) en los ríos mediterráneos españoles indica que solo 1/3 de los puntos analizados presentan un buen estado de conservación. 20

Figura 10.6. Evolución del número de capturas de salmones en España. En los últimos 20 años, el número medio de ejemplares de salmones capturados en los ríos españoles ha disminuido a aproximadamente la mitad del valor medio de los treinta años anteriores. (Elaboración propia con los datos extraídos de: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp; grupos de pesca deportiva conservacionista (http://www.vadeando.com/ y http://www.riosdecantabria.com/) y http://www.anapam.org/modules.php?name=Newsyfile=articleysid=109)..... 29

Figura 10.7. Número de peces capturados mediante pesca fluvial en los ríos españoles y piezas producidas por acuicultura. En el año 2005 el número de piezas producidas en piscifactoría dedicadas a la repoblación supuso el 60.7% de los peces capturados mediante pesca fluvial y este porcentaje aumentó hasta el 160% en el año 2006. (Datos extraídos del: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; y http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp)..... 30

Figura 10.8. A mediados de los años 70 fueron introducidos en los ríos españoles los cangrejos rojo americano (1973) y señal (1974), produciéndose grandes mortandades del autóctono como consecuencia de la afanomicosis transmitida por los introducidos. De hecho, en el año 1988, las capturas de cangrejo autóctono supusieron, únicamente el 1,95% del total de capturas en los ríos españoles y el 0,6% del peso total. (Elaboración propia con datos de Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 1997 y http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp..... 30

Figura 10.9. Tanto el número de instalaciones de acuicultura como su producción han ido disminuyendo en los últimos años. (Datos extraídos del: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; y http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp). 31

Figura 10.10. La cantidad de agua superficial y subterránea (Hm^3) que es proporcionada por el ciclo hidrológico en cada cuenca hidrológica española es diferente y depende, entre otros del régimen de precipitaciones. Algunas cuencas incorporan otras fuentes de agua externas. Así, el agua obtenida por desalación es utilizada en muchas cuencas mediterráneas españolas y los trasvases de agua pueden llegar a suponer más de la mitad del agua utilizada en cuencas como la del Segura. (Datos extraídos de los Informes de los artículos 5 y 6 de la DMA de las distintas Demarcaciones Hidrográficas)..... 32

Figura 10.11. Con diferencia la agricultura es la gran consumidora de agua en España. El abastecimiento urbano, municipal y la industria utilizan menos del 20% del total disponible (Datos extraídos de las Estadísticas del INE- 2010). 33

Figura 10.12. En el año 2008, solo el 16% del agua consumida por la población humana de la Cuenca del Segura la proporcionan los ríos, el resto proviene fundamentalmente del agua del Trasvase (34,8%) y de la desalación (32,6%) (Mancomunidad de Canales del Taibilla, 2009). 33

Figura 10.13. Tanto la cantidad de agua suministrada para uso humano como la realmente consumida, han ido disminuyendo progresivamente, aunque existe un desfase entre ellas indicando pérdidas en los sistemas de distribución. Cada vez se extrae menos agua de los ríos (aguas superficiales), pero aumenta la extracción de aguas subterráneas (INE-2010)..... 34

Figura 10.14. La cantidad de agua (Hm^3) trasvasada desde la Cuenca del Tajo a la del Segura depende del ciclo hidrológico anual. Claramente se percibe la escasa resiliencia de la Cuenca del Segura para mantener su sistema agrícola (Confederación Hidrográfica de Segura). 35

Figura 10.15. El incremento en la extracción de madera de especies arbóreas ripícolas en los últimos 10 años (fundamentalmente chopos) se debe al aumento de su demanda para la fabricación de cajas para el envase de productos hortofrutícolas, fabricación de muebles y autocaravanas (Álvarez Moreno, 2004)..... 36

Figura 10.16. Desde el año 2000 se mantiene el número de explotaciones salineras, pero la tendencia ha sido a disminuir drásticamente su número desde mitad de siglo XX. Muchas de las instalaciones actuales han cambiado su producción salinera por actividades relacionadas con el turismo rural y educación ambiental, una alternativa para la puesta en valor de este servicio.(Elaboración propia con datos extraídos del Instituto de la sal (ISAL))..... 37

Figura 10.17. La producción de energía hidroeléctrica (GWh) en España depende de la cantidad de agua embalsada anualmente, y por tanto del régimen anual de precipitaciones, muy irregular en el ámbito mediterráneo. (Elaboración propia con datos extraídos de los Informes del IDAE y REE e INE-2010).....39

Figura 10.18. Más del 73% de los peces continentales (UICN, 2009), casi el 35% de los anfibios, casi el 54% de los reptiles y el 12% de los mamíferos, se encuentran en peligro crítico o de extinción (Libros Rojos de Peces, Anfibios, Reptiles y Mamíferos). 41

Figura 10.19. El aumento de gases de efecto invernadero en España procedente de la depuración de las aguas urbanas e industriales y el tratamiento de lodos de depuradoras están incidiendo negativamente sobre los efectos del cambio climático. (Elaboración propia con datos extraídos de Informe Inventarios GEI 1990-2005 (marzo 2007) e INE-2010). 44

Figura 10.20. En los Pirineos hay 3 veces menos glaciares que hace 200 años. De igual manera la superficie que ocupaban ha disminuido en 136 veces. Su relación con el descenso de las precipitaciones en forma de nieve, así como con la cantidad de nieve acumulada es evidente. (Datos extraídos del Programa ERHIN (1984-2008)).....45

Figura 10.21. A partir de los años 90 los embalses españoles no cumplen su papel de regular el agua de los ríos. El ritmo de consumo humano de agua y la disminución de las precipitaciones han colapsado su función reguladora. Es inútil construir más embalses reguladores. 45

Figura 10.22. La cantidad de agua trasvasada desde el Tajo al Segura depende del ciclo hidrológico anual. Mantener los regadíos del sureste además de agua cuesta mucho dinero (750.000 euros se utilizarán en el año 2011 para mantener en condiciones las obras del trasvase y evitar pérdidas de agua). (Confederación Hidrográfica del Segura; MARM).....46

Figura 10.23. El mayor esfuerzo en reducir las pérdidas de agua en los sistemas de distribución se ha realizado en el sector agrícola que se estima en un 75%, aunque ello no ha contribuido a disminuir las extracciones de agua para el regadío sino para aumentar aún más su superficie. En el año 2008 se reutilizaron 539,12 Hm^3, es decir un 2,6% de la cantidad media de agua acumulada en los embalses españoles, que no compensa aún las pérdidas totales. (Elaboración propia con datos extraídos del INE-2010).....47

Figura 10.24. El ICG (Índice de Calidad General), que clasifica los 2.415 puntos de la red de control de calidad del agua de los ríos españoles, apenas mejora el número de puntos con una calidad inferior a admisible. El aumento de vertidos, la disminución del volumen de agua tratada en las depuradoras y la contaminación difusa, provocada por la persistencia de fertilizantes en el suelo, explican esta limitación. (Elaboración propia con datos extraídos de: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm). 48

Figura 10.25. Tanto el número de vertidos urbanos como industriales a los ríos españoles han ido aumentando progresivamente en los últimos 20 años, a la par que ha disminuido la cantidad de agua depurada y reincorporada a los ríos, lo cual dificulta el servicio de autodepuración. (Elaboración propia con datos extraídos de: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm). 49

Figura 10.26. Según los estudios realizados por las cuencas hidrológicas españolas para la aplicación de la DMA, del total de tramos de río analizados, el 74% tienen problemas de contaminación. Pero prácticamente en la totalidad de las cuencas, los problemas de contaminación difusa afectan a más ríos que los provocados por vertidos puntuales. 49

Figura 10.27. El mantenimiento de la calidad del agua de los ríos españoles supone un alto coste económico tanto a las administraciones públicas como a los usuarios. (Elaboración propia con datos extraídos del INE-2010, del Sistema de Indicadores del MARM y de las Memorias del MARM 2008a y 2009).....51

Figura 10.28. Dado que las tierras de cultivo en España ocupan una superficie de 17.981.140 hectáreas (INE, 2003) y que el consumo de fertilizantes nitrogenados en el año 2008 fue de 0,0924 toneladas/ha, supone un consumo total de 16.614.573,3 toneladas de fertilizantes nitrogenados. Como el aporte de N procedentes de los lodos de las EDAR en el año 2005 fue de 20.302 toneladas, ello supone el 0,18% del total consumido en España. (Elaboración propia con datos extraídos del Informe Inventarios GEI 1990-2005 (marzo 2007) y del Registro Nacional de Lodos (http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/pdf/RESLodos.pdf).....52

Figura 10.29. Las avenidas de agua forman parte de la dinámica hidrológica natural de los ríos, y las cuencas mediterráneas son más propensas a padecerlas. (Elaboración propia con datos extraídos de Barriendos y Rodrigo, 2006). 53

Figura 10.30. Evolución del número de avenidas en la cuenca del Segura desde el año 826 hasta el 2000. Tras los grandes cambios de uso del suelo a lo largo de la historia se aprecia como aumenta el número y frecuencia de las avenidas como consecuencia de la pérdida del servicio de regulación relacionado con la amortiguación de las perturbaciones. (Elaboración propia con datos de Bautista, 1989). 54

Figura 10.31. Hay una relación directa entre los picos observados en la gráfica y las grandes inundaciones de los años 1983 y 1996 que afectaron a buena parte de los ríos mediterráneos españoles. (Elaboración propia con datos extraídos del Consorcio de Compensación de Seguros: (http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re_ere)) 55

Figura 10.32. Se conoce bastante bien la evolución de las introducciones de peces continentales en España (Elvira y Almodóvar, 2001) y en algunas Comunidades Autónomas como Cataluña (Maceda-Veiga *et al*., 2010) que ha seguido una progresión creciente, a pesar de que actualmente su introducción en los ríos españoles constituye un delito ecológico. 56

Figura 10.33. El aumento en el conocimiento sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ríos y riberas españoles debería ser utilizado para gestionar mejor los ríos y las riberas españoles. (Elaboración propia con datos extraídos de *google-earth*, y bases de datos del CEDEX: http://hispagua.cedex.es/, Ministerio de Educación: https://cv.mec.es/tramites_audiencia_2010/ctm_tecno_listado.htm, Asociación Ibérica de Limnología: http://www.limnetica.com/listado.html y DIALNET). 57

Figura 10.34. Del total de 40.000 refranes recogidos en el refranero español (http://personales.ya.com/refranero/principal.htm), más del 2% incluyen referencias a las distintas fases del ciclo del agua (lluvia, aguacero nieve, inundaciones, etc.), a los tipos de ecosistemas acuáticos (ríos, arroyos, fuentes, etc.), y servicios que proporcionan (arena, plantas de ribera, etc.), oficios (aguadores), o sistemas y artilugios hidráulicos para el uso del agua (noria, aceña, acequia, etc.). 62

Figura 10.35. En España se celebran un total de 351 romerías al año, de la cuales más de un 10% (37) son en conmemoración de algún evento relacionado con el agua (milagros de curación de enfermos tras beber agua de una fuente, lluvias tras una rogativa a una virgen, etc.). Andalucía es la Comunidad Autónoma donde más romerías se realizan al año (87). (http://www.lasromerias.com/pages/map.htm). Su carácter masivo y lúdico-festivo que están adquiriendo en la actualidad, están poniendo en peligro el papel que jugaban en la conservación de los pequeños ríos, arroyos o fuentes ligados a estos eventos. 64

Figura 10.36. En los últimos 20 años, el número de turistas que han visitado los Parques Nacionales españoles que incluyen ecosistemas de aguas continentales, se ha triplicado. (Estadísticas del INE-2010). 67

Figura 10.37. El número de playas fluviales incorporadas a la red de control de la calidad del agua para baño, ha ido aumentando en las últimas décadas, pero no así el porcentaje de playas fluviales que cumplen con los valores imperativos y guía de la Directiva 76/160/EEC. (Elaboración propia con datos extraídos de http://dd.eionet.europa.eu/ y EEA, 2010b) 68

Figura 10.38. Cada vez es mayor el número de tramos de ríos inapropiados para realizar una actividad de ocio tradicional como es la pesca fluvial. (Red ICA). 69

Figura 10.39. Esquema sintético de cómo los cambios de usos del suelo en las vegas de los ríos implican perdidas del capital natural y de los servicios de abastecimiento, regulación, y culturales que repercuten en el bienestar humano. 73

Figura 10.40. Esquema sintético de cómo potenciar el servicio de abastecimiento de energía, lleva implícito la pérdida del capital natural y de los servicios de abastecimiento, regulación, y culturales que repercuten en el bienestar humano. 74

Figura 10.41. Esquema sintético de cómo incentivar la producción agrícola en monocultivos afecta al capital natural que suponen los ríos y a los servicios de abastecimiento, regulación, y culturales que repercuten en el bienestar humano. 75

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 10.1. Una parte importante de la producción en piscifactorías es dedicada a la repoblación de tramos de ríos españoles donde se practica la pesca deportiva. 31

Imagen 10.2. Los bosques ribereños proveen de materias primas de origen biológico como madera, y fibras para elaborar artesanías. 36

Imagen 10.3. Las salinas interiores españolas son únicas en Europa. Pequeñas y artesanales, su producción salinera se encuentra hoy día en regresión. 38

Imagen 10.4. España es especialmente rica en fuentes y manantiales, muchos de los cuales han desaparecido por la exhaustiva extracción de aguas subterráneas. Otros, por el contrario, han sido capitalizados en origen para su comercialización por la industria de aguas envasadas. 38

Imagen 10.5. Las norias son un ejemplo de como el hombre ha utilizado la fuerza motriz del aguas como servicio de energía renovable. 40

Imagen 10.6. Aunque la información sobre la biodiversidad de invertebrados acuáticos no es muy completa (MA, 2005b), según el Atlas de los Invertebrados amenazados de España el 62% de ellos se encuentran en peligro. 41

Imagen 10.7. Los bosques de riberas bien conservados regulan el clima local amortiguando la amplitud térmica. 42

Imagen 10.8. España es el país del mundo con más embalses por habitante, pero su modelo de gestión no asegura que en periodos de sequía se pueda abastecer a toda la población. 46

Imagen 10.9. La cuenca del Segura cada vez depende más del agua que, a través del Trasvase Tajo-Segura le trasfiere el río Tajo. 47

Imagen 10.10. La puesta en regadío de grandes extensiones de suelos margosos salinos ha provocado el aumento de la salinidad en muchos ríos españoles. 50

Imagen 10.11. Los embalses actúan como trampas de sedimentos, nutrientes y materiales que impiden la fertilización de los suelos de las vegas. 51

Imagen 10.12. Los suelos de vega, fertilizados de forma natural por los materiales que transportan los ríos, son especialmente aptos para producir alimentos. 52

Imagen 10.13. Las avenidas de agua son fenómenos hidrológicos naturales especialmente frecuentes en las cuencas mediterráneas. 53

Imagen 10.14. El cangrejo rojo americano es una de las especies invasoras que más han contribuido a alterar los ecosistemas acuáticos continentales (GEIB, 2006). 56

Imagen 10.15. Los molinos de agua junto con otros muchos artilugios hidráulicos forman parte del rico catálogo que España posee como testigo histórico del saber usar de manera sostenible uno de los servicios que proporcionan los ríos y que habría que poner en valor. 59

Imagen 10.16. Los aguadores recogían agua de fuentes y manantiales y la distribuían en las poblaciones urbanas. 60

Imagen 10.17. Muchas propiedades del agua y de los sedimentos de los cauces eran y siguen siendo utilizadas con fines terapéuticos, como los baños de lodo y las aguas termales. 60

Imagen 10.18. El Tribunal de Aguas de Valencia se encarga de resolver los conflictos por el agua entre los regantes de las huertas de Valencia. (Foto extraída de http://www.tribunaldelasaguas.com/fotos/visitas/1960007.jpg) 64

Imagen 10.19. La creencia del poder curativo del agua sigue arraigada en muchas poblaciones rurales españolas. 65

Imagen 10.20. Los paisajes del agua se encuentran entre los más visitados por el público urbano. 67

MENSAJES CLAVE

El 65% (15 de 23) de los servicios de los ecosistemas ríos y riberas evaluados se están degradando o están siendo usados de manera insostenible. Los más afectados son los servicios de regulación (formación y fertilidad del suelo, regulación hídrica y de las perturbaciones naturales y control biológico) y los culturales (conocimiento ecológico local, identidad cultural y sentido de pertenencia y disfrute espiritual y religioso). Por el contrario, están mejorando los servicios de abastecimiento tecnificados y los servicios culturales que responden a la demanda urbana (ecoturismo, educación ambiental) *(muy cierto)*.

El capital natural que suponen los ríos y riberas está siendo forzado para aumentar los servicios de abastecimiento, lo cual se consigue con creces, pero se están perdiendo los de regulación y los culturales. La energía hidráulica en España prácticamente ha llegado a su máximo (36.568 GWh producidos en 2010 según REE). Teniendo en cuenta que aproximadamente el 94% del agua de los ecosistemas acuáticos en España es usada en abastecimiento y agricultura, poco queda para producir energía hidroeléctrica (*muy cierto*). La potenciación de este servicio ha llevado a que se pierdan muchos tramos de pesca fluvial y parte del acervo genético de especies acuáticas y ribereñas endémicas de España (30 especies de peces fluviales de las 49 autóctonas españolas son endemismos, de los cuales 24 están en peligro) (*muy cierto*), además los servicios de regulación hídrica, autodepuración y fertilidad del suelo se ven claramente disminuidos.

En los últimos 50 años se han alterado o degradado más ríos y riberas españoles que en cualquier otro periodo de tiempo, especialmente para satisfacer las demandas de agua para la creciente agricultura de regadío y la producción de energía. Esto ha generado una pérdida considerable de la biodiversidad de ríos y riberas (*muy cierto*) y una disminución de la capacidad de generar servicios de regulación, en especial los relacionados con el control de la contaminación difusa (*certeza alta*), la minimización de los efectos de las perturbaciones naturales (*certeza alta*) y la fertilidad del suelo de vega (*certeza alta*).

La cantidad de agua suministrada por los ecosistemas fluviales en España sería suficiente para satisfacer las necesidades de sus habitantes (certeza alta) si no sobrepasáramos su tasa de renovación. Los ríos españoles proporcionan anualmente más de 110.000 Hm^3 de agua y la recarga anual a los acuíferos se estima en unos 30.000 Hm^3 (Custodio *et al*., 2009). Para satisfacer las necesidades humanas se utiliza el 11% del total de la precipitación anual (cantidad de agua generada en el ciclo hidrológico), aproximadamente el mismo porcentaje que utilizan los portugueses (Pereira *et al*., 2009). En el año 2007, en España se empleó el 12,7% del agua disponible (la que extrae de los ecosistemas acuáticos continentales) para consumo de los hogares y más del 81% en agricultura. La extracción de aguas subterráneas en España se ha incrementado de 2.000 Hm^3 en 1960 hasta 1.213.000 Hm^3 en 2008 (INE-2010), fundamentalmente para abastecer a la agricultura de regadío. En algunas cuencas, sin embargo, se ha sobrepasado su tasa de renovación y la disminución del servicio de abastecimiento de agua es evidente, recurriendo a tecnologías complejas para incorporar agua dulce, bien por desalación o desde otras cuencas (trasvases de agua).

La agricultura de regadío intensivo además de consumir más del 80% del agua que se extrae de los ecosistemas fluviales españoles, reclama más agua (muy cierto). La extracción de aguas subterráneas en España fundamentalmente para abastecer a la agricultura de regadío que actualmente ocupa una superficie de 3.401.458 has (6,7% de la superficie total de España) y que no aporta más de 1€ por m^3 de agua utilizada del VAB (valor añadido bruto) a precios de mercado (Maestu *et al*., 2007), se ha incrementado desde 2.000 Hm^3/año en 1960 hasta 1.213.000 Hm^3 en 2008 (INE-2010). La búsqueda de agua para satisfacer las demandas nunca cubiertas de este sector, ha llevado a recurrir a técnicas muy costosas como la desalación, que en los últimos 12 años ha aumentado en un 232%, y a la presión del sector agrícola de algunas cuencas hidrológicas, sobre todo mediterráneas, cuyo "éxito" más notable es el Trasvase Tajo-Segura que aporta anualmente una media de 327 Hm^3 al sureste español, de los que más del 60% se emplea en agricultura.

Buena parte de los productos agrícolas que son consumidos por la población española no se han producido con agua procedente de las cuencas hidrológicas españolas (*muy cierto*). Según datos de Rodríguez Casado *et al*. (2008), más de la mitad del agua necesaria para producir servicios de abastecimiento de alimentos que se consumen en España proceden de otros países. En concreto, España importa, en forma de productos agrícolas, unos 20.000 Hm^3 de agua, más cantidad de la que se utiliza

en España en agricultura (17.346 Hm^3 en el año 2008). En este sentido, España es un importador neto de agua virtual, es decir agua generada en otras partes del mundo y transformada en alimentos que se consumen lejos del lugar de origen (Llamas, 2005). De hecho somos uno de los países europeos que mayor huella hídrica presenta (2.325 m^3/habitante/año) (Aldaya *et al*., 2010), lo que nos hace especialmente responsables del deterioro de los ecosistemas acuáticos de otros países, principalmente del Tercer Mundo.

En la actualidad España cuenta con un total de 1300 embalses. Se trata del país con mayor número de presas por km de cauce (*muy cierto*). La capacidad total de estos embalses se estima en 54.380 Hm^3, es decir regulan el 50% del agua generada en las cuencas, lo cual ha llevado a que muchos ríos o tramos de ríos permanezcan secos durante buena parte del ciclo anual. Mantener un "caudal ecológico" permitiría, al menos, conservar algunos de los servicios que nos proporcionan los ríos y riberas españoles.

Muchos servicios de abastecimiento que nos proporcionan los ríos y sus riberas han disminuido en los últimos 20 años (*muy cierto*). En 29 ríos salmoneros, de los 43 que había en España, el salmón se ha extinguido y la pesca de salmones en los ríos españoles ha disminuido en más de un 76% en los últimos 30 años, un porcentaje mayor que en Inglaterra, donde las poblaciones de salmones y truchas han disminuido entre el 50 y el 60% en las últimas décadas (UK-National Ecosystem Assessment, 2010). En los últimos 12 años la producción de madera procedente de especies ripícolas se ha incrementado en más del 250%, pero debido al aumento de las plantaciones de chopos que, en muchos casos, sustituyen a la vegetación ribereña natural. De las 271 salinas interiores o continentales que existían en España a principios de los 90, solo quedan 23 actualmente en explotación, con la consiguiente pérdida de sus servicios.

Dentro del contexto europeo España es el país con mayor diversidad de tipos de ecosistemas acuáticos (*certeza alta*). Prácticamente la totalidad del territorio español se encuentra dentro del ámbito mediterráneo, cuyo clima caracterizado por la irregularidad anual e interanual de las precipitaciones, junto a la fisonomía del territorio y el complejo marco geológico-litológico, ha dado lugar a una extraordinaria diversidad de tipos de ríos. En España coexisten ríos permanentes, temporales e incluso secos (ramblas), junto a ríos dulces, salinos e hipersalinos, y muchos de ellos en la frontera entre ríos y humedales. La variabilidad hídrica natural que la sociedad percibe como negativa se convierte en el rasgo biofísico más singular del territorio español.

Los ecosistemas acuáticos españoles contienen una de las faunas acuáticas más endémicas del mundo (*certeza alta*), pero el acervo genético que significaban las especies de ríos y riberas españoles está disminuyendo rápidamente. Más del 63% de las especies de vertebrados de los ríos españoles presentan un estado de conservación preocupante o muy preocupante y 62 especies de invertebrados acuáticos están en la misma situación. Las especies de peces continentales son las que más rápidamente se están acercando al peligro de extinción según el índice de las Listas Rojas (RLI) (el 55% de las especies están amenazadas). Estas cifras son incluso superiores a las que ofrece el MA (2005b) para las especies de organismos de ecosistemas acuáticos continentales que, desde 1970 al 2000, han disminuido en un 50%.

La capacidad para regular las avenidas de agua, las sequías o la erosión está muy reducida por la degradación y cambios de los usos del suelo. Los "almacenes naturales de agua" que regulan el ciclo hidrológico en las cuencas hidrológicas están muy deteriorados: tanto el número de glaciares como su superficie han retrocedido de forma extraordinaria en los últimos 200 años (*muy cierto*); el 28,5% de los acuíferos españoles se están explotando de forma intensiva y la humedad del suelo está disminuyendo progresivamente (*certeza alta*). Por el contrario, el número de embalses sigue aumentando, aunque al día de hoy, su capacidad reguladora es prácticamente nula y, a pesar de que controlan el 50% del agua generada en las cuencas, su modelo de gestión no asegura el abastecimiento urbano durante los periodos de sequía. El servicio de regulación de las perturbaciones naturales como minimizar los efectos de las inundaciones y las sequías, que harían de forma natural nuestros ecosistemas acuáticos, nos está costando a los españoles muchos millones de euros. Entre los años 2004 y 2010, las administraciones públicas han invertido 818,263 millones de euros en paliar los efectos de las sequías y 190,305 millones de euros en los de las inundaciones.

Las tecnologías de depuración de las aguas residuales consiguen mantener un cierto nivel de la calidad del agua de los ríos españoles (*muy cierto*). Actualmente existen en España 1.710 depuradoras que tratan casi 100 m^3 por habitante y año, a un coste de 0,36 € cada m^3, que han conseguido controlar, en cierta medida, el deterioro de la calidad del agua de los ríos. Sin embargo, al igual que en otros países como Inglaterra (UK-National Ecosystem Assessment, 2010), la contaminación difusa provocada por la entrada de fertilizantes nitrogenados y fosfatados colapsa la capacidad de los ríos para realizar su servicio de autodepuración del agua.

El cambio climático ya está afectando a la cantidad de agua que se generan en las cuencas españolas*, (certeza media*) pero no solo por efecto de la disminución de las precipitaciones. La cantidad de agua contenida en el suelo sigue una tendencia a disminuir, lo cual es efecto del aumento general de la temperatura en España, consecuencia del cambio climático, que favorece la evapotranspiración. El aumento extraordinario del número de embalses y balsas de riego para abastecer la agricultura intensiva en los últimos 20 años (un 12,3% de superficies de agua libre) es una medida poco adaptativa a la realidad del cambio global.

Los ríos y riberas españoles son el capital natural básico que nos proporciona mucho más que agua (*muy cierto*). Las crisis económicas hacen que se vuelva a valorar muchos de los servicios que proporcionan los ríos y las riberas. Unas 1.790 empresas artesanales en España utilizan las fibras vegetales cuyo origen son los árboles y arbustos riparios: enea, caña y mimbre. El número de artesanos está aumentando en los últimos años, una alternativa a la disminución de puestos de trabajo estandarizados.

Los ríos y riberas españolas van perdiendo sus servicios culturales relacionados con el conocimiento ecológico local (*muy cierto*). Cada vez existen más asociaciones de ciudadanos con intereses comunes para recuperar o poner en valor el patrimonio cultural, estético o espiritual relacionado con el agua, fundamentalmente porque forma parte de sus experiencias vitales y son sello de identidad de los colectivos humanos. Parte de la experiencia del ser humano con el agua, está incorporada al saber popular a través, por ejemplo de refranes, en los nombres de pueblos, lugares o enseres y en muchos oficios que dependen o dependían de los servicios que proporcionan los ríos y las riberas.

Cada vez es mayor el conocimiento que se tiene sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas acuáticos españoles (*muy cierto*). El número de artículos y documentos que hacen referencia a los servicios de los ecosistemas acuáticos en España, ha aumentado en 34 veces desde el año 1992 al 2010 (*google-earth*), al igual que lo han hecho el número de tesis doctorales leídas, los congresos científicos, cursos y másteres de especialización sobre el agua y los ecosistemas acuáticos. Pero no siempre este aumento en el conocimiento sirve para gestionar mejor los ecosistemas acuáticos, en parte por los objetivos de investigación planteados, que no contemplan el análisis de las interacciones hombre-naturaleza. Las líneas de investigación futuras deberían ir en el sentido de analizar las estrechas relaciones que existen entre los ecosistemas acuáticos y sus cuencas, y sobre técnicas innovadoras que contribuyan a un aprovechamiento sostenible de los servicios que proporcionan.

La Directiva Marco del Agua (DMA) ha supuesto una visión más integrada de los ecosistemas acuáticos (*muy cierto*). A ella se le debe el importante esfuerzo de haber puesto al día la información del estado ecológico de los ríos y riberas europeos y españoles y la obligación de restablecer su calidad biofísica en un plazo relativamente corto (2015). No obstante, alcanzar el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos es solo una parte de lo que supone recuperar la multitud de servicios que estos ecosistemas nos proporcionan para conseguir el bienestar humano.

Es evidente la necesidad de acometer una reconversión en los modos de gestionar los ecosistemas acuáticos (*muy cierto*), reduciendo el deterioro provocado en muchos de los servicios que nos proporcionan. Para ello, el agua hay que entenderla en el contexto del ciclo hidrológico, el agua azul es solo una parte del mismo, y se olvida que el agua verde también nos proporciona muchos servicios. Una visión más integrada de cómo los ríos y sus cuencas forman una unidad funcional e interdependiente entre el agua de lluvia, los flujos de agua azul y verde, los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano, nos ayudaría a proponer unos modelos más sostenibles y justos del agua y del suelo. En este contexto, la participación ciudadana, es vital para diseñar las estrategias de cooperación entre todos los actores sociales que participan de los mismos servicios que nos proporcionan los ecosistemas acuáticos y terrestres, independientemente de su ubicación en las cuencas hidrológicas.

1. Introducción

Cada vez resulta más evidente que los ríos y riberas españoles se encuentran en mal estado, pero no lo es el que de ellos depende buena parte del bienestar de la sociedad española. Evaluar los ríos y riberas españoles, desde la perspectiva promovida por la ONU de los Ecosistemas del Milenio (MA, 2005a), utilizando el concepto de servicios que generan, permite comprender los vínculos que existen entre la conservación de estos ecosistemas y el bienestar de los españoles en términos de agua, alimentos, salud, relaciones sociales o libertades. El agua dulce, servicio básico que nos proporcionan los ecosistemas acuáticos continentales, a diferencia de otros como los combustibles fósiles, no tiene alternativa sustituible. Del agua dependen las especies que habitan en ríos y riberas, la vida y las actividades humanas, incluido su bienestar.

La evaluación del estado actual y tendencias de los servicios que ríos y riberas de España generan a la sociedad permite, por un lado identificar los problemas de la interacción ecosistemas acuáticos-biodiversidad que albergan y bienestar, abordar estos problemas en toda su complejidad al hacer intervenir todos los elementos que interactúan entre sí, dar a conocer las consecuencias de las decisiones que se toman sobre la gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos en relación con su capacidad para generar servicios, proponer distintas opciones a la hora de desarrollar estrategias de desarrollo que incluyen a las sociedades humanas y establecer las líneas de investigación más interesantes y prioritarias en el marco de las relaciones ser humano-naturaleza.

Se trata, en definitiva, de proporcionar información científica y contrastada para evaluar el capital natural que suponen los ríos y riberas españoles y las consecuencias que el cambio que estos ecosistemas están sufriendo y la pérdida de biodiversidad que ello conlleva, suponen para el bienestar de la población española.

No existen en España estudios que aborden los servicios de los ríos y riberas como capital natural. Inglaterra (UK-National Ecosystem Assessment, 2010) y Portugal (Pereira *et al.*, 2009) son, en el contexto europeo, los únicos países que abordan estudios de estas características.

2. Caracterización del sistema socioecológico ríos y riberas

Ríos y riberas constituyen una unidad funcional que intercambian materia y energía en el contexto de sus cuencas (Dodds, 2002; Naiman *et al.*, 2005). Ambos se cohesionan a través de los flujos hídricos y como tal son interdependientes. Los flujos de agua conectan cabeceras con desembocaduras (componente longitudinal), riberas con cauces y viceversa (componente horizontal) y aguas subterráneas con los anteriores (componente vertical) (Jones y Mulholland, 2000; Ward y Wiens, 2001). Estas conexiones son las que generan los servicios básicos de estos ecosistemas. Así, la componente longitudinal les permite actuar como corredores para la dispersión de organismos y semillas y para la distribución de nutrientes, sales, sustancias disueltas y en suspensión y otros materiales orgánicos e inorgánicos. La componente vertical permite el intercambio de estos materiales entre los distintos compartimentos, y el movimiento de organismos que actúan sobre el procesado de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes (por ejemplo, nitrificación o desnitrificación). La componente transversal es la que intercepta los flujos laterales limitando, por ejemplo, los procesos erosivos o la expansión de algunas especies, filtrando nutrientes, o facilitando la recarga de agua. No siempre estas componentes actúan al tiempo, de manera que la importancia relativa de cada una de ellas depende de la dominancia y dirección de los flujos hídricos predominantes (González del Tánago y García de Jalón, 2007). Así, por ejemplo, durante las avenidas de agua se establecen conexiones laterales desde el cauce a las riberas que contribuyen a la fertilización de los suelos de la llanura aluvial (Junk *et al.*, 1989).

Los ríos y riberas españoles presentan peculiaridades propias que tienen su origen en el clima, la fisonomía del territorio y los materiales geológicos-litológicos y su geodinámica. Prácticamente la totalidad del territorio español se encuentra dentro del ámbito mediterráneo, cuyo clima se caracteriza por la irregularidad anual e interanual del régimen de precipitaciones, lo cual se relaciona directamente con los modelos hidrológicos existentes. Así en el ámbito mediterráneo español coexisten ríos de caudales permanentes con ríos secos (ramblas) (Gómez *et al*., 2005) y en este sentido, buena parte de los servicios que generan se debe a las aguas subterráneas. Estas son mucho más resistentes que las superficiales, lo cual hace que sean, en muchos casos, claves para mantener la conectividad del ecosistema río-ribera.

La fisonomía del territorio español se caracteriza por un relieve muy accidentado donde se suceden cadenas montañosas entre valles relativamente estrechos, lo cual determina que las cuencas hidrológicas sean pequeñas, donde circula una red de drenaje corta, de pendiente alta o muy alta y, por tanto, de cauces muy erosivos. Además, los materiales litológicos y la geodinámica del ámbito mediterráneo español, imprimen un carácter especial a los ecosistemas ríos-ribera, en relación al origen, funcionamiento hidrológico y calidad del agua. Así, los tres grandes dominios litológicos (silíceo, calizo y arcilloso-margoso) configuran redes, cauces, y modelos hidrológicos diferentes. En el dominio calizo, las redes de drenaje suelen ser menos densas, los cauces más estrechos y el agua más "dulce" que en el arcilloso-margoso, donde las redes de drenaje son muy densas, los cauces más anchos y las aguas más salinas. En el dominio silíceo estos rasgos son intermedios (Vidal-Abarca *et al*., 2004; Gómez *et al*., 2005) (Figura 10.1).

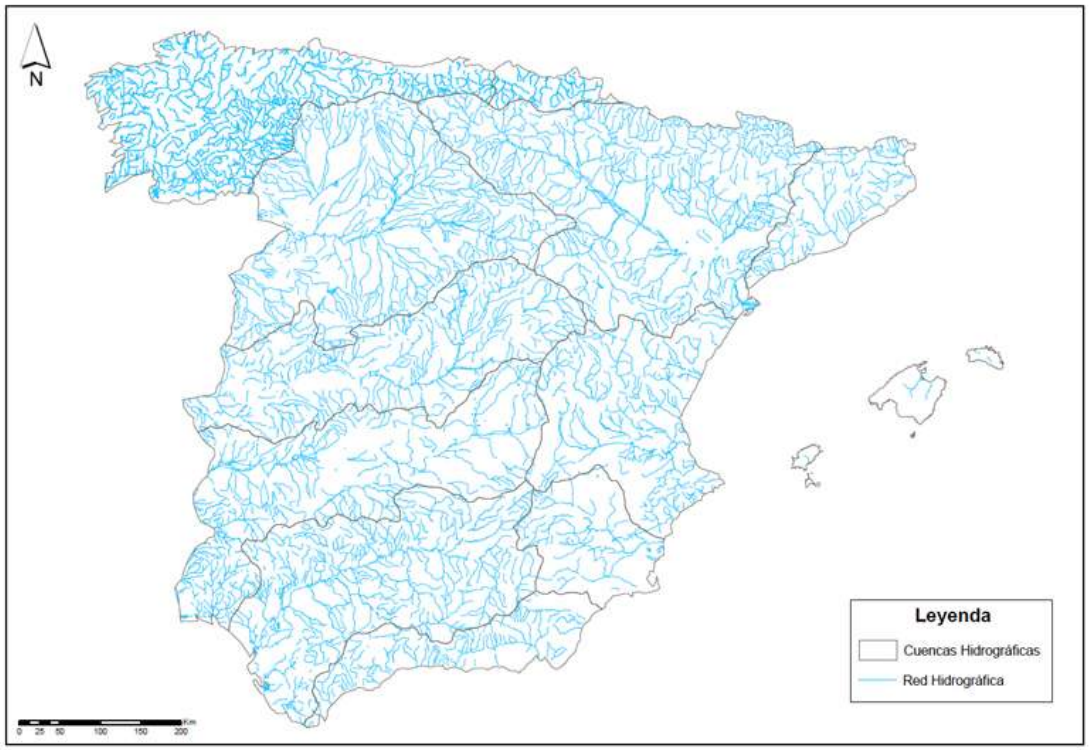

Figura 10.1. Las cuencas hidrológicas españolas son relativamente pequeñas, por las que fluye una red de drenaje corta, muy densa, de pendiente alta o muy alta y, por tanto, de cauces muy erosivos. Los materiales litológicos y la geodinámica del ámbito territorial español, imprimen un carácter especial a los ecosistemas ríos-ribera, en relación al origen, funcionamiento hidrológico y calidad del agua. (Fuente IGN).

Los ríos y sus riberas forman parte de los paisajes terrestres de todo el territorio español conectándolos a través de sus cuencas de drenaje y proporcionando muchos servicios que redundan en el bienestar del ser humano (Tabla 10.1). En España hay 9 grandes cuencas hidrológicas (Miño-Sil, Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Ebro, Júcar y Segura), aunque la actual configuración propuesta por la administración (R.D. 266/2008) fija en 18 el total de unidades hidrográficas (Figura 10.2) y más recientemente en 20, al subdividir la del Cantábrico en Oriental y Occidental (CHC, 2011). Por ellas discurren un total de 85.856 kms de cauces que ocupan una superficie aproximada de 5.520 Km^2, lo cual representa solo el 1.1% del total de la superficie de España y en ellas viven más de 26 millones de personas (55,38% del total de habitantes de España), aunque el resto de la población, asentada en las costas, también depende del agua que estas cuencas generan (Tabla 10.2). La densidad de población en las distintas cuencas, al margen de Ceuta y Melilla, oscila entre los 611 habitantes/km^2 en las Cuencas Internas del País Vasco, en las que predomina la industria como sector económico dominante, y los 26,6 habitantes/km^2 en la cuenca del Guadiana, aunque, en general la densidad de población es mayor en las cuencas mediterráneas (una media de 144,8 habitantes/km^2) que en las atlánticas (132 habitantes/km^2) (Tabla 10.2). Casi la totalidad de las cuencas hidrológicas españolas se ubican en al ámbito del clima mediterráneo, a excepción de las más norteñas y, en general, dominan los materiales calizos y arcillosos. A pesar de que la agricultura es la actividad que más agua consume, no suele ser el sector económico dominante. Por el contrario, en casi todas las cuencas hidrológicas domina el sector de servicios (Tabla 10.2).

Figura 10.2. Demarcaciones hidrográficas españolas según RD 266/2008. Fuente: MARM.

Tabla 10.1. Rasgos básicos y límites cartográficos que definen a los ecosistemas ríos y riberas españoles.

ECOSISTEMA	RASGOS ESENCIALES QUE LO DEFINEN	LIMITES PARA LA CARTOGRAFIA
Ríos y riberas	Ecosistemas que conectan y cohesionan las cuencas de drenaje. Alta densidad de población y desarrollo de agricultura de regadío.	Al ser vectoriales son líneas en la cartografía.

Tabla 10.2.Rasgos biofísicos y socioecológicos de las cuencas hidrológicas españolas. (* Datos procedentes del SIA (Sistema Integrado de Información del Agua, MARM) incluyen la parte costera.** La Cuenca Atlántica Andaluza está dividida en dos distritos diferentes. *** La Demarcación del Norte fue dividida en la del Miño-Sil y del Cantábrico por el R.D. 266/2008. (1) CH Cantábrico. (2) Junta de Andalucía (SIMA). (3) http://www.gencat.cat (Generalitat de Catalunya)).

		Características biofísicas				Características socioeconómicas		
	Cuenca Hidrográficas	**Superficie (km^2)***	**Longitud cauces (km)**	**clima**	**Dominio geológico dominante**	**Población (nº hab)**	**Densidad de población (hab/km^2)**	**Sector económico dominante**
Cuencas Mediterráneas	Cuencas Internas de Cataluña	18.047	2.786	Mediterráneo y M. Alta montaña	Silíceo y Arcilloso	6.730.000 (3)	373	Servicios
	Ebro	85.939	12.495	Mediterráneo Continental	Arcilloso	3.019.176 (2005)	35,1	Servicios
	Júcar	45.118	5.386	Mediterráneo Continental	Calizo y Arcilloso	5.162.163 (2009)	114,4	Servicios
	Segura	20.115	1.469	Mediterráneo Continental y Semidesértico	Arcilloso	1.944.690 (2008)	96,7	Servicios
	Cuenca Mediterránea de Andalucía	18.425	2.145	Mediterráneo y M. Alta montaña y Semidesértico	Silíceo	2.281.000 (2007)	123,8	Turismo Agricultura intensiva
	Islas Baleares	8.790	442	Mediterráneo	Arcilloso y Calizo	1.105.000 (INE, 2011)	125,7	Servicios
Cuencas Atlánticas	Galicia-Costa	16.437	2.875	Oceánico	Silíceo	1.983.661 (2001)	120,7	Servicios
	Norte ***	37.681	9.085	Oceánico	Silíceo			Servicios
	Cantábrico	22.452	4.699	Oceánico (1)	Silíceo	2.076.000 (INE, 2005)	92,5	Servicios de mercado
	Miño-Sil	17.619	4.473	Oceánico	Silíceo	835.000	47,4	Servicios
	Cuencas Internas del País Vasco	2.891	422	Oceánico	Calizo	1.766.401	611	Servicios, Industria
	Duero	78.860	13.539	Mediterráneo Continental	Arcilloso	2.210.541 (2006)	28	Agrario, Servicios
	Tajo	55.764	10.130	Mediterráneo Continental	Silíceo y Arcilloso	6.099.113	109,4	Servicios
	Guadiana	55.469	8.046	Mediterráneo Continental	Silíceo	1.472.800 (2005)	26,6	Servicios
	Guadalquivir	57.726	9.701	Mediterráneo Continental	Silíceo y Arcilloso	4.107.598 (2005)	71,2	Servicios
	Cuenca Atlántica Andaluza	11.414	2.066	Mediterráneo meridional				Servicios
	Distrito Guadalete y Barbate	6.445 (2)			Calizo	1.020.000 (2) (2007)	158,3	Servicios
	Distrito Tinto, Odiel y Piedras	6.871 (2)			Silíceo	388.000 (2) (2007)	56,5	Servicios
	Islas Canarias	11.920	5.182	Subtropical		1.968.280 (2005)	165,1	Servicios
	Melilla y Ceuta	31,86		Mediterráneo		80.570 (2010) 75.276 (Melilla)	4.891,6	Comercio Servicios

3. Estado de conservación general del ecosistema de ríos y riberas

En términos globales, prácticamente la mitad de los ríos y riberas españoles se encuentran en mal estado. Según datos del MARM (2009), el 33% de los tramos ríos españoles, analizados según las indicaciones de la Directiva Marco del Agua (DMA), se encuentran en un estado de calidad ecológica inferior a bueno, mientras que el 46% presentan un buen o muy buen estado ecológico (Figura 10.3). En Portugal, el 40% de sus ríos presentan una calidad mala o muy mala (Pereira *et al*., 2009). El buen estado químico lo cumplen el 51% de dichos tramos, mientras que el 5% están en mal estado, pero aproximadamente un tercio de los puntos de control de calidad de los ríos españoles superan los 100 µg/l de fósforo (Figura 10.4) y más del 50% superan los 50 mg/l de nitratos, presentando problemas de eutrofización y contaminación orgánica. La contaminación difusa, debida a la incorporación de fertilizantes a los suelos agrícolas, afecta al 27% de los tramos y la contaminación puntual por vertidos directos al 19%.

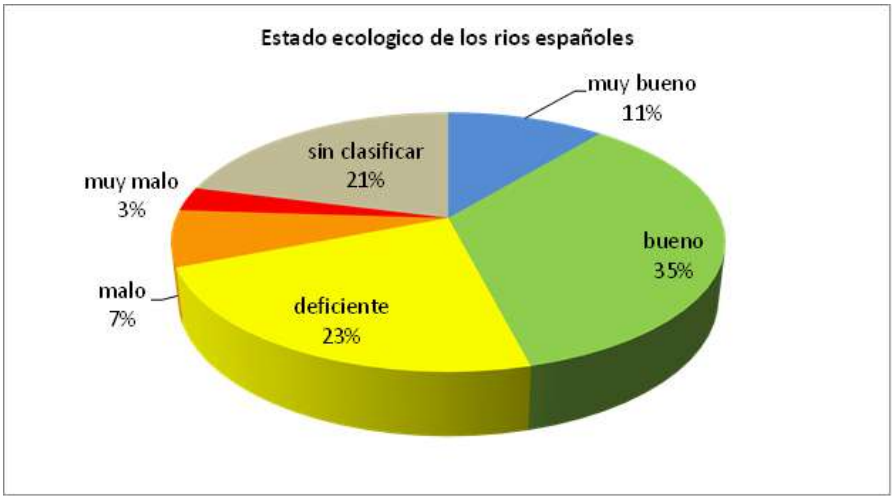

Figura 10.3. Al margen de que el 21% de los tramos de ríos estudiados según la DMA, están sin clasificar, más de 1/3 de los tramos analizados se encuentran en mal estado. (Datos extraídos del Informe del Medio Ambiente, Medio Rural y Marino en España- 2009 y del Informe: Síntesis de los estudios generales de las demarcaciones hidrográficas en España, del MIMA- 2007).

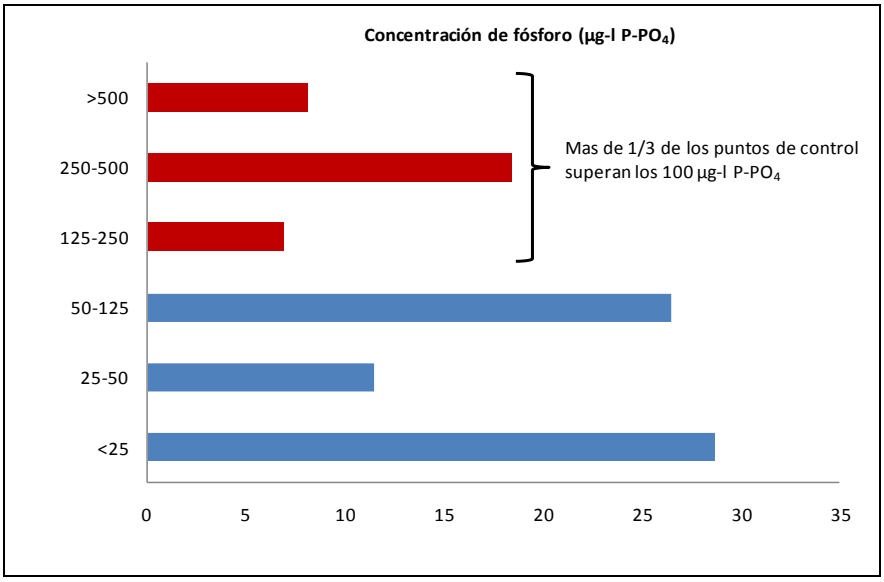

Figura 10.4. En el año 2009, más de 1/3 de los puntos de control de la calidad del agua en los ríos españoles superaban los 100 µg-l de fosfatos. (MARM, 2009).

En cuanto a las riberas fluviales, el estudio realizado bajo el proyecto de GUADALMED (2002) que incluye un total de 157 puntos de muestreo distribuidos en 12 cuencas mediterráneas españolas, indica que más del 45% de los puntos prospectados presentan una calidad mala o pésima calidad (Figura 10.5).

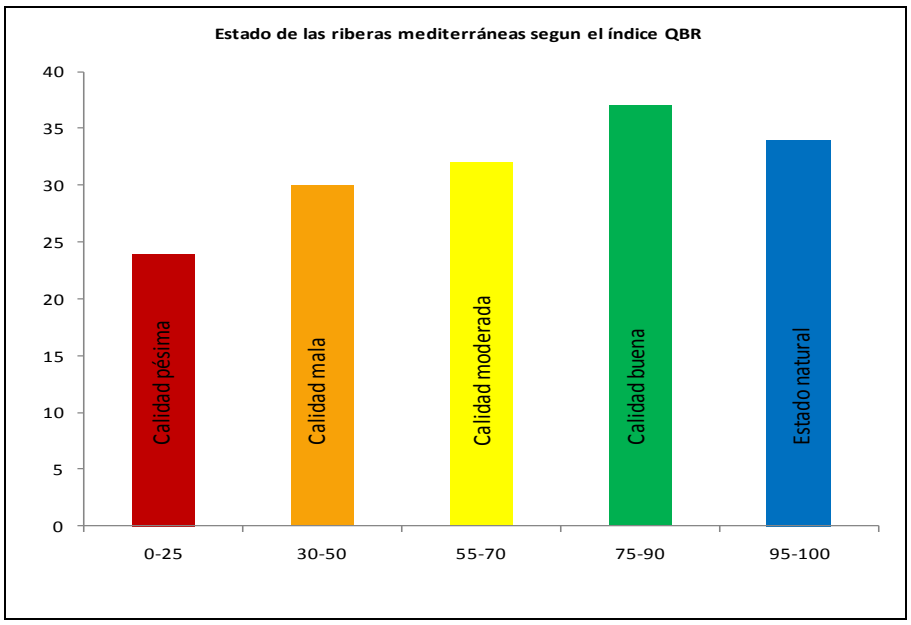

Figura 10.5. La aplicación del QBR (Índice de calidad de las riberas, Munné *et al.*, 2003) en los ríos mediterráneos españoles indica que solo 1/3 de los puntos analizados presentan un buen estado de conservación.

4. Servicios suministrados. Métodos de evaluación y Fuente de datos

Los ecosistemas fluviales españoles son los que, fundamentalmente, proporcionan el agua de abastecimiento de la población humana mientas que sus riberas regulan los procesos de erosión y sedimentación, depositando suelo fértil en las vegas, limitando la pérdida de suelo, controlando las avenidas de agua, regulando el clima local y son uno de los paisajes más atractivos para el desarrollo de actividades de ocio y recreo.

Los ríos regulan la calidad del agua con su capacidad autodepuradora. Además son vías de dispersión de nutrientes y organismos conectando distintos hábitats y actuando bien como amortiguadores, bien como colonizadores de otros ecosistemas adyacentes. Los ríos y sus riberas constituyen el sello de identidad de muchas poblaciones humanas.

En torno a ellos se han desarrollado modos, costumbres y usos del agua que forma parte del acervo cultural de estos pueblos y que constituyen valores para la conservación, recreo, turismo, educación e inspiración para el arte, la religión y el bienestar espiritual. A pesar de ello, muchos ríos y riberas españoles han sido transformados potenciándose solo unos pocos de los múltiples servicios que proporcionan a la sociedad (Tabla 10.3).

Para evaluar los servicios que generan los ríos y riberas españoles se han utilizado un total de 138 indicadores, 50 de ellos ayudan a evaluar los servicios de abastecimiento, 55 los de regulación y 33 los culturales (Tabla 10.4). Las fuentes de información utilizadas son muy diversas incluyendo las bases de datos de organismos oficiales europeos, nacionales, autonómicos y locales y las de asociaciones naturalistas, conservacionistas y ONGs y publicaciones científicas.

Tabla 10.3. Tipos de servicios y ejemplos que proporcionan ríos y riberas de España. La importancia de cada uno de ellos se expresa por una gama de color.

SERVICIO	CATEGORIA	DEFINICION	EJEMPLOS
TIPO ABASTECIMIENTO			
1.-Alimentos	Pesca Acuicultura	Productos derivados de los ríos que son consumidos por la población humana como fuente de energía.	Peces de agua dulce: salmones, truchas, carpas, etc. Cangrejos de ríos.
2.-Agua dulce		Agua dulce de calidad que suministran los ríos, acuíferos y otros ecosistemas acuáticos continentales para suministro humano y de todas sus actividades.	Agua para beber, para la agricultura, para la industria, para refrigerar las centrales térmicas, etc.
3.-Materias primas de origen biológico		Materiales cuyo origen son los organismos que viven en ríos y riberas que se transforman para elaborar bienes de consumo.	Madera de sauces, álamos, chopos, fresnos, etc. Leña de tarajes. Mimbre, enea, caña y juncos.
4.-Materias primas de origen mineral		Materiales de origen mineral que son extraídos de ríos y riberas y que se transforman para elaborar bienes de consumo.	Sal continental de mesa, Grava y arena aluviales.
5.-Energías renovables	Energía hidráulica	Materiales de origen biótico o geótico que sirven como fuente de energía: el agua.	Energía hidráulica; Energía para mover molinos de agua; Energía para mover norias y aceñas.
6.-Averbo genético		Diversidad genética de una especie o población. Diversidad total que aportan los organismos autóctonos de ríos y riberas.	Especies autóctonas de plantas de ribera; Especies autóctonas de animales acuáticos y de ribera; Especies endémicas.
7.-Medicinas naturales y principios activos		Materiales de origen biótico o geótico que se utilizan en medicina natural.	Plantas medicinales de ribera, aguas termales, baños de lodos.
TIPO REGULACION			
8.-Regulación climática	Global	Influencia de los ríos y riberas en el clima a distintas escalas.	Regulación de la amplitud térmica local (Las riberas bien conservadas son frescas y húmedas). Almacenamiento de CO_2 en la biomasa de los bosques de ribera y fluvisoles.
	Regional y local		La destrucción de los bosques ribereños impacta sobre el régimen de precipitaciones y el microclima.
9.-Regulación de la calidad del aire			
10.-Regulación hídrica		Las cuencas bien conservadas tienen una alta capacidad para regular el ciclo del agua. Los cambios de uso de suelo afectan al hidroperiodo, escorrentía y capacidad de almacenamiento del agua.	Almacenamiento de agua en el suelo; Almacenamiento de agua en forma de nieve; Recarga de acuíferos; Capacidad autodepuradora.
11.-Regulación morfosedimentaria		Las riberas bien conservadas tienen una alta capacidad para controlar los procesos erosivos y la desertización.	Control de la erosión; colmatación de embalses.
12.-Formación y fertilidad del suelo		La fertilidad de los suelos aluviales es una de las más altas por lo que suelen ser apropiados para la agricultura.	Suelo fértil de vega; Nutrientes (nitrógeno y fósforo).
13.-Regulación de las		Los ecosistemas tienen capacidad para	Reservas de agua en suelo y

perturbaciones naturales		amortiguar los efectos de las perturbaciones naturales, sobre todo las dependientes del clima.	acuíferos para control de las sequías. Llanuras de inundación libres para control de inundaciones .
14.-Control biológico		Los ríos y riberas pierden su diversidad cuando se introducen especies invasoras.	Especies introducidas.
TIPO CULTURALES			
16.-Conocimiento científico		Evolución del conocimiento sobre la estructura, funcionamiento, efecto de los impactos, etc. de los ríos y riberas.	Artículos publicados sobre ríos y riberas españoles. Congresos, cursos, tesis doctorales sobre ríos y riberas. Proyectos de investigación.
17.-Conocimiento ecológico local		Saber popular sobre los bienes y servicios que generan ríos y riberas.	Plantas medicinales de las riberas Modos tradicionales del uso del agua. Modos de pesca tradicional.
18.-Identidad cultural y sentido de pertenencia		Las tradiciones que emanan de las vivencias del hombre con su entorno forman parte de su identidad y sentido de pertenencia.	Vocablos relacionados con el agua (Riqueza lingüística) Folklore, fiestas y danzas Organizaciones jurídico-sociales.
19.-Disfrute espiritual y religioso		Ritos, creencias y culto religioso forman parte del acervo cultural de las poblaciones, muchos de ellos ligados a ríos y riberas.	Lugares de culto (ermitas e iglesias ligadas a fuentes, ríos y arroyos). Romerías.
20.-Paisaje-Servicio estético		Los paisajes de ríos y riberas son probablemente de los espacios que mayor sensación de placer y bienestar producen en el ser humano.	Paisajes y espacios protegidos que incluyen ríos y riberas. Visitantes de parques y espacios que incluyen ríos y riberas.
21.-Actividades recreativas y ecoturismo		El ocio y turismo de naturaleza es una de las actividades más requeridas actualmente por el hombre y ríos y riberas tienen una alta capacidad para proporcionar este servicio.	Cotos de pesca fluvial Deportes de agua: Piragüismo, barranquismo, etc. Playas fluviales. Balnearios.
22.-Educación ambiental		Los ríos y riberas proporcionan medios diversos para diseñar programas de educación ambiental.	Programas de Educación Ambiental dedicados al agua.

La importancia de los servicios se ha evidenciado con los siguientes colores:

Alta
Alta-media
Media-baja
Baja
No aplicable

Tabla 10.4. Servicios, indicadores, fuentes de información y unidades de medida utilizados para la evaluación de ríos y riberas españoles.

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
ABASTECIMIENTO	Alimentos	Pesca	Número de capturas de peces fluviales y peso total	Anuarios de estadística forestal y boletines estadísticos del MARM	Nº y Kg
			Captura de salmones	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp); grupos de pesca deportiva conservacionista (http://www.vadeando.com/ y http://www.riosdecantabria.com/) y http://www.anapam.org/modules.php?name=Newsyfile=articleysid=109	Nº, peso total (Kg) y (€)
			Captura de truchas	Serie de datos (1985-1990) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp). Los datos de 2006 el Anuario del MARM	Nº, peso total (Kg) y (€)
			Captura de cangrejo de río	Gutiérrez-Yurrita *et al.* (1997). Los datos entre 1985 y 1990 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, los datos de 2005 y 2007 de los anuarios de estadística forestal y los de 2006 de los boletines estadísticos del MARM	Nº, peso total (Kg) y (€)
			Valor comercial de la pesca fluvial	Anuarios de estadística forestal y boletines estadísticos del MARM	€
		Acuicultura	Número de instalaciones de acuicultura de agua dulce y tipología	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp)	Nº
			Producción en piscifactorías	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp) y http://www.aquapiscis.org/index.php?id=27	Nº y peso (Kg)
			Valor comercial de la acuicultura de agua dulce	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp) y http://www.aquapiscis.org/index.php?id=27	
			Número total y peso de las especies capturadas mediante pesca fluvial y producidas por acuicultura	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp)	Nº y peso (Kg)
			Producción de esturión y caviar	Empresa Río Frío	Peso (Kg) y •
			Población humana dedicada a la pesca y acuicultura de agua dulce	Anuario de estadística forestal 2005	Nº
	Agua dulce		Abastecimiento agua en España	CEDEX y Agencia Estatal de Meteorología	mm
			Escorrentía superficial	SIMPA SIA (MARM)	mm
			Captación de agua para consumo humano	INE- 2010	l/hab/día
			Captación y origen del agua para consumo en agricultura	INE- 2010	Hm^3
			Agua producida por desalación	INE- 2010, y comunidades autónomas: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm	Hm^3
			Consumo total de agua	INE- 2010	Hm^3
			Consumo urbano de agua	INE- 2010	Hm^3
			Consumo de agua por la agricultura	INE- 2010 y Anuario de estadística 2009 de MARM. (http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp?parte=1ycapitulo=3)	Hm^3
			Consumo de agua por la industria	INE- 2010	Hm^3
			Agua consumida en producción de energía hidroeléctrica	EUROSTAT (INE-2010)	Hm^3
			Agua consumida en refrigeración de centrales térmicas y nucleares	Cuentas satélite del agua en España. Instituto Nacional de Estadísticahttp://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxisypath=/t26/p067/p02/agua00-06yfile=pcaxisyL=0. INE -2009	Hm^3
			Agua consumida en acuicultura	INE-2008	Hm^3
			Índice de explotación hídrica	INE- 2010	Adimensional (%)
			Índice de consumo	INE- 2010	Adimensional (%)
			Precio del agua	INE- 2010	€/m^3
			VAB y agua consumida en agricultura	INE-2010. Anuarios de estadística- 2008 y 2009 del MARM	M^3/ha cultivo y Millones €
			PIB y agua distribuida para abastecimiento y agricultura	INE- 2010	Hm^3 y Millones €

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
ABASTECIMIENTO	Materias primas de origen biológico		Superficie ocupada por bosques de ribera	Anuario de Estadística Forestal -2006	Has
			Madera producida por los bosques de ribera	Inventario Forestal Nacional-II	M^3
			Extracción de leña procedente de especies riparias	Inventario Forestal Nacional-III	Toneladas y m^3
			Producción artesanal con fibras procedentes de especies vegetales riparias	Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-93 REV.1)	€
	Materias primas de origen mineral	Gravas y arenas	Número y ubicación de graveras en explotación	ANEFA: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos y http://www.construmatica.com/empresas/arena_de_rio/843	Nº
			Producción de grava y arena	Estadística Forestal (MARM) y del IGME	Millones de toneladas, y €
			Consumo de áridos	INE-2010	Millones de toneladas
			Empleo generado por el sector de los áridos	Estadística Minera (2001)	Población activa
		Salinas continentales	Número de salinas continentales y estado de explotación	Estadística Minera de España (2007) y Asociación de Amigos de las Salinas de Interior(http://ong.consumer.es/asociacin-de-amigos-de-las-salinas-de-interior.434)	Nº
			Producción de sal continental	Instituto de la sal (ISAL)	Miles de toneladas
			Valor de la producción de sal continental	Instituto de la sal (ISAL)	Miles de €
			Empleo generado por la explotación de salinas continentales	Instituto de la sal (ISAL)	Número de puestos de trabajo
		Aguas minerales	Producción de aguas minerales y de manantial	IGME(http://aguas.igme.es/AguasMinerales/plantas.asp?Comu=0) y Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE) (http://www.aneabe.com)	Millones de litros
			Valor del agua mineral y de manantial envasada	Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasadas (ANEABE) (http://www.aneabe.com) e INE- 2010.	Miles de €
	Energías renovables	Energía hidráulica	Producción hidroeléctrica en España	Informes anuales Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2006), del Sistema Eléctrico Español (http://www.ree.es) y del Plan de Energías Renovables en España: PER 2005-2010.	GWh
			Consumo neto anual de energía eléctrica en relación con la producción hidroeléctrica anual	Informes anuales Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2006), del Sistema Eléctrico Español (http://www.ree.es)	%
			Potencial hidráulico por cuencas hidrográficas	Informes del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2006)	MW
			Producción de energía hidroeléctrica por cuenca hidrográfica	Informes anuales del Ministerio de Industria, Turismo y del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2006).	GWh
			Potencia instalada y producción de las minicentrales	Informe del Plan de Energías Renovables en España: PER 2005-2010, Informes del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2006) y de la Comisión Nacional de Energía.	MW
	Acervo genético		Nº de especies total, endemismos y en peligro de vertebrados de ríos y riberas	Inventario Nacional de Biodiversidad. Atlas y Libro Rojo de los peces continentales. MARM. Inventario Nacional de Biodiversidad. Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles. MARM. Inventario Nacional de Biodiversidad. Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres. MARM; Doadrio,I., M. Aldeguer (Coord.).(2007)	Nº
			Biodiversidad de invertebrados acuáticos	Fauna Ibérica (http://www.faunaiberica.es/faunaib/arthropoda/index.php). Ribera, I. (2000); Verdu, J. R. y Galante, E., (eds.) (2009).	Nº
			Nº de proyectos LIFE-Naturaleza para la protección de especies amenazadas de ríos y riberas	http://ec.europa.eu/environment/life/countries/documents/spain_es_nov06.pdf y de: http://ec.europa.eu/environment/life/countries/documents/spain_es_2010.pdf	Nº y €

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
REGULACION	Regulación climática	Regional y local	Variación de la precipitación anual	Agencia Estatal de Meteorología y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	mm
			Variación de la temperatura media anual	Agencia Estatal de Meteorología y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)	ºC
			Variación de la evapotranspiración	Datos del modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).	mm
			Evaporación de los embalses	Instituto Geográfico de España. (http://www.ign.es/ign/es/IGN/ane_TablaDatos.jsp) y Libro Blanco del Agua (MMA, 1998).	Hm^3 y Hm^3/m^2
			Índice de Humedad	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm	adimensional
			Emisiones de CO_2 de las aguas residuales	NationalInventorySubmissions 2007	Giga-gramos
			Emisiones de CH_4 de las aguas residuales	NationalInventorySubmissions 2007	Giga-gramos
			Emisiones de N_2O de las aguas residuales	NationalInventorySubmissions 2007	Giga-gramos
		Almacenamiento de carbono	Captura de carbono a partir de la extracción anual de madera de *Populus*	anuario estadístico forestal-2007 Fernández González, J. (1998)	t CO_2/ha/año
			Incremento anual de captura de carbono en biomasa viva de los árboles ripícolas	Inventario Forestal Nacional-II y III	t Carbono/ha/año y Giga-gramos CO_2/ha/año
			Almacén de Carbono orgánico en los fluvisoles	CorineEuropesoildatabaseversion 2. Europeanenvironment Agency (http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/soil-type) y Díaz-Hernández *et al.* (2003)	t C/ha
	Regulación hídrica	Regulación hídrica	Agua en forma de nieve	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm	Hm^3
			Variación de los glaciares	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/saih/pdf/LOS_GLACIARES_ESPANOLES.pdf	Has y Hm^3
			Almacenaje en las aguas subterráneas	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm y MARM (2010a)	Nº y m
			Humedad del suelo	http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=08yfactor=estado	Litros/m^2
			Estado hidrológico	Sistema de Indicadores del Agua (MARM)	adimensional
			Regulación por los embalses	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm	Hm^3
			Regulación en las cuencas por los embalses	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm y CEDEX para el año 2005.	%
			Pérdidas de agua en los sistemas de distribución	INE (2010)	Hm^3
			Agua reutilizada	INE (2010) y http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm	Hm^3/año
			Trasvases de agua entre cuencas hidrológicas	Confederación Hidrográfica del Segura	Hm^3
		Depuración del agua	Número de vertidos	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm	Nº
			Número y rendimiento de las depuradoras (EDAR)	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm y MARM (2009)	Nº
			Volumen de aguas tratadas por las depuradoras (EDAR)	INE (2010)	M^3/habitantes/día
			Lodos producidos en las EDAR	Registro Nacional de Lodos: http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/pdf/RESLodos.pdf	Toneladas de materia seca
			Estado de la contaminación puntual y difusa en los ríos españoles	MIMA. 2007 (http://www.mma.es/portal/secciones/acm/politica_agua/directiva_marco_aguas/Publicaciones.htm	Nº de tramos
			Consumo de fertilizantes	MARM (2009)	Kg/ha
			Evolución de la DBO_5 en las aguas de los ríos españoles	Red ICA	Mg/l
			Concentración de fósforo en las aguas de los ríos españoles	MARM (2009)	µg/l $P\text{-}PO_4$
			Evolución de la concentración de nitratos en las aguas de los ríos españoles	Red ICA	Mg/l
			Salinidad de los ríos españoles	MARM (2008)	µS/cm
			Evolución del ICG (Índice de Calidad General)	Red ICA	0-100
			Estado ecológico de los ríos españoles	MIMA (2007) y MARM (2009)	adimensional
			Calidad de las aguas subterráneas	MIMA (2007) y MARM (2009)	adimensional
			Concentración de cloruros en las aguas subterráneas	MARM (2009)	Mg/l
			Evolución de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas	MARM (2009) y http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=32yfactor=estado	Mg/l

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
REGULACION			Precio de la depuración de aguas	INE (2010)	€/m^3
			Inversiones en calidad del agua	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htmas), Memoria del MARM (2008) (http://www.mapa.es/ministerio/pags/memoria2008/pdf/Cap_04.pdf) y (2009).	Millones €
	Regulación morfosedimentaria		Riesgo de erosión en cárcavas y barrancos	Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012). (http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/ines/modulos ines.htm)	Toneladas/hectárea/año
			Embalses colmatados	Sanz Montero (2002); Sanz Montero *et al.* (1998); De Antonio *et al.* (1995); Borrador del Plan andaluz de control de la desertización; Bodoque *et al.* (2001); Palau, (2004); López Moreno *et al.* (2003).	Nº
			Degradación especifica de algunas cuencas españolas	Sanz Montero (2002); Sanz Montero *et al.* (1998); De Antonio *et al.* (1995); Avendaño y Cobo (1997); García Ruíz y López Bermúdez (2009).	Toneladas/km^2/año
	Formación y fertilidad del suelo		Suelos fluviales	De CorineEurope soil database version 2. European Environment Agency (http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/soil-type)	has
			Aportación de los lodos de las EDAR a suelos agrícolas	Registro Nacional de Lodos (http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/pdf/RESLodos.pdf) y GEI 1990-2005	Miles toneladas materia seca y toneladas nitrógeno
	Regulación de las perturbaciones naturales		Número de avenidas	Barriendos y Rodrigo (2006); Bautista (1989)	Nº
			Número de sequías y años secos	MARM (2008) y MMA (1998)	Nº
			Índice de Estado Hidrológico en función de la incidencia de la sequía	http://servicios3.mma.es/siagua/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=30yfactor=estado	0-1
			Víctimas mortales debidas a las perturbaciones	Dirección General de Protección Civil y Emergencias	Nº
			Costes económicos de las perturbaciones	Informes Balance del año hidrológico 2004-05,2005-06, 2006-07, 2007-08 y 2009-10 (MMA); Consorcio de compensación de seguros (http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re_ere); MARM (2008) y MMA (1998)	€
			Estado de conservación de las riberas fluviales	Suárez *et al.* (2000 y 2002); INITEC (2006)	adimensional
			Superficie de suelo artificializada	Observatorio de Sostenibilidad en España (2006)	has
	Control biológico		Nº de vertebrados introducidos en ríos y riberas	Web especies invasoras de la Península ibérica: (http://invasiber.org/fitxa_llista.php?taxonomic=1); Inventarios Nacionales de Biodiversidad. Atlas y Libros Rojos de los peces continentales; anfibios y reptiles; mamíferos terrestres. (MARM); Leunda (2010)	Nº
			Coeficiente de integridad zoogeográfica para peces continentales	Doadrio y Aldeguer (2007)	Nº
			Invertebrados acuáticos introducidos	Doadrio y Aldeguer (2007)	Nº
			Flora riparia y acuática introducida	Doadrio y Aldeguer (2007); González del Tánago *et al.* (2006)	Nº
			Coste de erradicación de especies invasoras	www.conama9.org/conama9/download/files/SDs/89789151_ppt_NCifuentes.pdf; http://linneo.bio.ucm.es/delgadoja/IntroCCAmbiental/B4%20Invasiones%20Biologicas.pdf; http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=11981yidMenu=2548; Andreu *et al.* (2009); Vilá *et al.* (2009).	€
Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
CULTURALES	Conocimiento científico		Referencias al agua en *google-scholar*	*google-scholar*	Nº
			Artículos científicos sobre ríos y riberas en Limnética	http://www.limnologia.eu/	Nº
			Número de congresos relacionados con el agua	http://hispagua.cedex.es/formacion.php?c=congresosylocalizacion=Congresos	Nº
			Número de cursos relacionados con el agua	http://hispagua.cedex.es/formacion.php?c=cursosylocalizacion=Cursos	Nº
			Tesis Doctorales relacionadas con el agua y los ecosistemas acuáticos	DIALNET	Nº
			Organismos públicos o privados I+D	http://hispagua.cedex.es/instituciones.php?c=organismosypg=0ylocalizacion=Organismos%20de%20I%2BD	Nº
			Proyectos I+D relacionados con el agua y los ecosistemas acuáticos	https://cv.mec.es/tramites_audiencia_2010/ctm_tecno_listado.htm	Nº

Tipo Servicio	Subtipo	Categoría	Indicador	Fuente	Unidades
CULTURALES	Conocimiento ecológico local		Artilugios y sistemas hidráulicos tradicionales	Cressier (1995); Pérez Picazo (1995); Varios autores (2008); http://www.molinosacem.com/	adimensional
			Oficios ligados a ríos y riberas	Fernández (1995); Rabal (2008); http://www.gancheros.com/index.php?option=com_contentyview=articleyid=7yItemid=20; WWW.BOLANOSDECALATRAVA.ES; http://www.oficiostradicionales.net/es/urbanos/lavanderas/lavanderas.asp; http://www.facebook.com/group.php?gid=50593464764; http://www.hoy.es/20080504/plasencia/muestra-oficios-agua-rescata-20080504.html; http://zaragozame.com/2008/09/05/el-agua-en-las-leyendas-y-tradiciones-de-aragon/; http://www.pirineo.com/especiales/costumbres-y-tradiciones-del-pirineo/descenso-navatas-rio-cinca-laspuna-ainsa; http://www.diarioinformacion.com/vega-baja/2010/09/13/maderada-llegaba-orihuela/1043793.html; http://www.almadiasdenavarra.com/	adimensional
			Plantas de ríos y riberas usadas en gastronomía	http://fichas.infojardin.com/condimentos/nasturtium-officinale-berro-mastuerzo-agua-acuatico.htm; Fajardo *et al.* (2000); Rivera *et al.* (2006); Verde *et al.* (1998)	adimensional
			Plantas medicinales de ríos y riberas	Fajardo *et al.* (2000); Rivera *et al.* (2006); Verde *et al.* (1998); Andreu *et al.* (2001)	adimensional
			Plantas de ríos y riberas usadas en construcción, cestería y herramientas	Fajardo *et al.* (2000); Verde *et al.* (1998)	adimensional
			Plantas de ríos y riberas utilizadas en otras actividades productivas y lúdicas	Fajardo *et al.* (2000); Verde *et al.* (1998); Andreu *et al.* (2001); González (1995); Fernández (1995)	adimensional
	Identidad cultural y sentido de pertenencia		Edad media de la población	INE-2011	Clases de edad
			Riqueza lingüística: Vocablos relacionados con el uso del agua	Maderadas: Olcina (2006); http://es.wikipedia.org/wiki/Maderadas_en_Espa%C3%B1a; http://www.andarines.com/culturapopular/almadias.htm; Gil Sistema de riego: Pérez Picazo (1995); http://www.consejodehombresbuenos.es/web/huerta.php;	adimensional
			Refranes, dichos y adivinanzas	http://personales.ya.com/refranero/principal.htm	adimensional
			Folklore: fiestas y danzas relacionadas con el agua	Cantero (1995); Caro (2008); http://www.lacerca.com/noticias/cuenca/martinez_guijarro_fiesta_esfuerzo-43217-1.html; http://www.turismodezaragoza.es/servicios/fiestas.php?item=41; http://www.lasromerias.com/pages/map.htm;http://www.angelfire.com/co2/muzaraque/patria/Danzas.htm	adimensional
			Organizaciones jurídico-sociales	http://www.consejodehombresbuenos.es/web/tribunales.php http://www.tribunaldelasaguas.com/el%20tribunal3.html	adimensional
	Disfrute espiritual y religioso		Ritos y creencias ligadas al agua	Fernández (1995); Verde *et al.* (1997 y 1998); Caro (2008)	adimensional
			Lugares de culto ligados a ríos y riberas: Las Romerías	http://www.lasromerias.com/pages/map.htm	Nº
			Refranes del agua y culto religioso	http://personales.ya.com/refranero/principal.htm	adimensional
			Eventos catastróficos y culto religioso	http://www.chsegura.es/chs/informaciongeneral/elorganismo/unpocodehistoria/riadas1.html	adimensional
	Paisaje-Servicio estético		Ríos escénicos	MMA (2008)	Nº y km
			Número de visitantes a los Parques Nacionales que incluyen cauces fluviales	INE-2010	Nº
			Longitud de río alterada por los embalses	Martínez Fernández y Esteve Selma (2009); Varios Autores (2003)	Km
			Longitud de riberas alteradas por cambio de uso	Martínez Fernández y Esteve Selma (2009); Varios Autores (2003)	km
	Actividades recreativas y ecoturismo		Cotos de pesca fluvial	Inventario Nacional Forestal-2007	Nº y km
			Calidad piscícola de las aguas fluviales españolas	Red ICA ; http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/descargas/series.jsp	adimensional
			Número de licencias de pesca fluvial	Anuarios del ICONA (INE); estadísticas forestales (http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/produccion_2007.htm#3	Nº
			Número de playas fluviales	http://dd.eionet.europa.eu/	Nº
			Calidad del agua de las playas fluviales	http://dd.eionet.europa.eu/	adimensional
			Número de balnearios y usuarios	http://hispagua.cedex.es/datos.php?c=result_busquedaypg=0ylocalizacion=Balnearios%20espa%F1oles; http://aguas.igme.es/AguasMinerales/balnearios.asp?Comu=0	Nº
			Deportes del agua	http://www.lasprovincias.es/ocio/escapadas/aventura.html	adimensional
	Educación ambiental		Programas de Educación Ambiental sobre el agua y los ecosistemas acuáticos	http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/conserv_restaur/lineas_actu/voluntariado.htm	adimensional

5. Condiciones y tendencias de los servicios evaluados

5.1. Servicios de abastecimiento

5.1.1. Alimentos

5.1.1.1. Pesca y acuicultura

La pesca fluvial como servicio de abastecimiento de alimentación prácticamente ha desaparecido. A partir de los años 80 se detecta un importante descenso en las capturas de peces fluviales. La pesca de salmones en los ríos españoles ha disminuido en más de un 76% en los últimos 30 años (Figura 10.6) y en 29 ríos salmoneros, de los 43 que había en España, el salmón se ha extinguido (WWF, 2001).

La contaminación de los ríos, la construcción de un gran número de embalses en las décadas de los 60 y 70, la sobrepesca y la introducción de especies invasoras, han actuado como los impulsores directos de la desaparición de este servicio.

En contraste, la producción en acuicultura fluvial para consumo humano prácticamente se ha duplicado en los últimos 20 años. En el año 2006 el número de piezas producidas en piscifactorías dedicadas a la repoblación, fue el 160% del total de ejemplares capturados mediante pesca fluvial (Figura 10.7), lo que indica que prácticamente el total de la pesca fluvial actual en España se abastece de la producción de las piscifactorías.

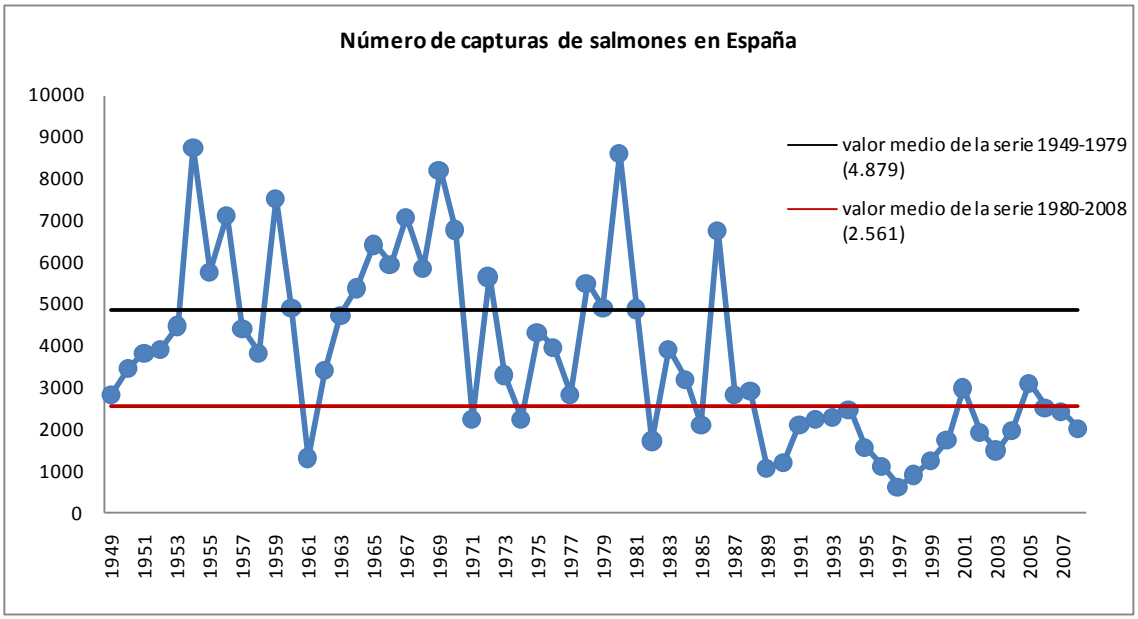

Figura 10.6. Evolución del número de capturas de salmones en España. En los últimos 20 años, el número medio de ejemplares de salmones capturados en los ríos españoles ha disminuido a aproximadamente la mitad del valor medio de los treinta años anteriores. (Elaboración propia con los datos extraídos de: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp; grupos de pesca deportiva conservacionista (http://www.vadeando.com/ y http://www.riosdecantabria.com/) y http://www.anapam.org/modules.php?name=Newsyfile=articleysid=109).

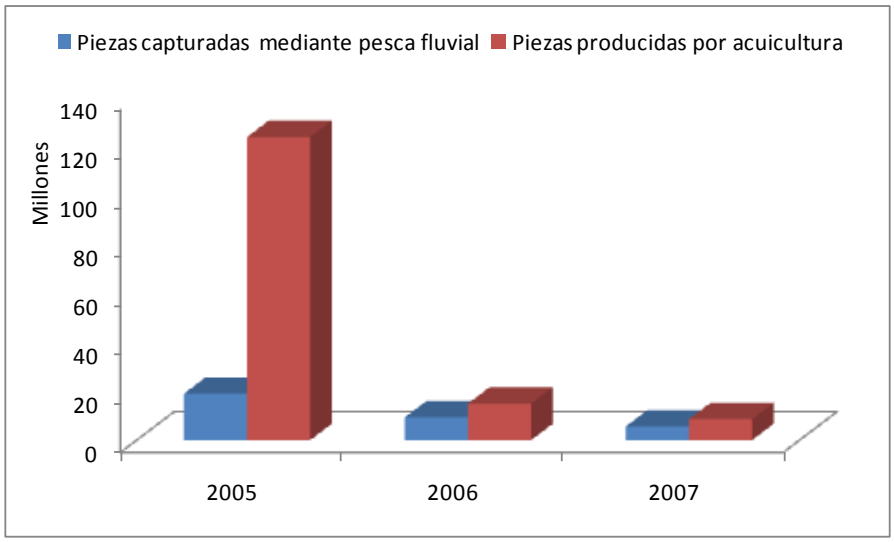

Figura 10.7. Número de peces capturados mediante pesca fluvial en los ríos españoles y piezas producidas por acuicultura. En el año 2005 el número de piezas producidas en piscifactoría dedicadas a la repoblación supuso el 60.7% de los peces capturados mediante pesca fluvial y este porcentaje aumentó hasta el 160% en el año 2006. (Datos extraídos del: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; y http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp)

Se calcula que, como mucho, quedan unas 700 poblaciones de cangrejo autóctono en su hábitat original en toda España (MMA, 2007a). El cangrejo autóctono era uno de los servicios de alimentación que proporcionaban los ríos españoles. Las capturas y, sobre todo, el peso total de cangrejo autóctono han ido disminuyendo drásticamente (1.057.000 kg en 1975 y 5000 kg en 1988) (Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 1997). Su valor comercial en el año 1962 fue de 306.516,17 € en total. Actualmente está prohibida su captura. Por el contrario, las capturas de los cangrejos introducidos, así como su peso, experimentaron un importante aumento en la década de los 80, aunque actualmente su tendencia es a disminuir pero no su valor comercial (Figura 10.8).

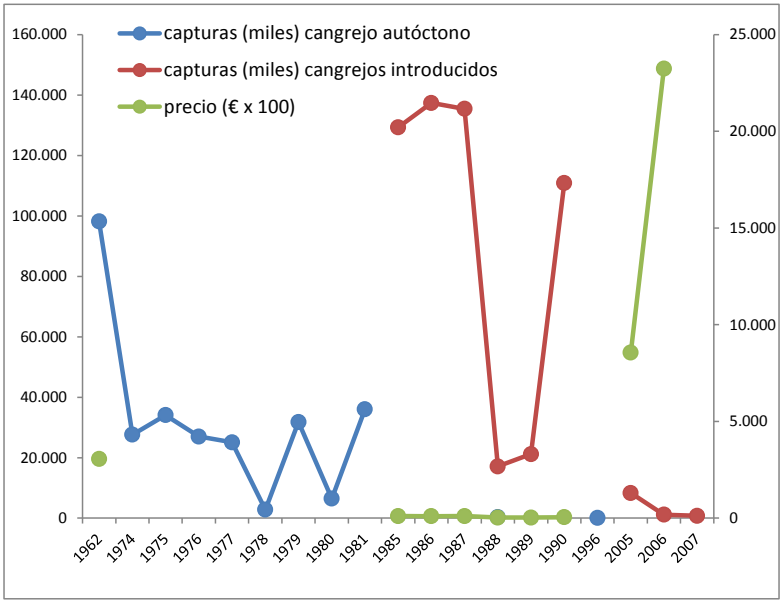

Figura 10.8. A mediados de los años 70 fueron introducidos en los ríos españoles los cangrejos rojo americano (1973) y señal (1974), produciéndose grandes mortandades del autóctono como consecuencia de la afanomicosis transmitida por los introducidos. De hecho, en el año 1988, las capturas de cangrejo autóctono supusieron, únicamente el 1,95% del total de capturas en los ríos españoles y el 0,6% del peso total. (Elaboración propia con datos de Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 1997 y http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp.

La acuicultura de agua dulce no parece haberse consolidado como alternativa a la desaparición del servicio de alimentación que generaban los ríos españoles. En los últimos años se observa una disminución en el número de instalaciones de acuicultura de agua dulce en España (en el año 2008 existían un total de 220 de las 267 que funcionaban en el 2004), así como su producción, que ha pasado de unas 175 millones de piezas producidas en 1990 a poco más de 8 millones en 2007 (Figura 10.9). Parte de la producción de las piscifactorías son dedicadas a la repoblación (Imagen 10.1): en el año 2007 se soltaron 115.250 ejemplares de anguila y 55.706 de cangrejo autóctono, una tarea loable a no ser por el elevado precio de esta producción y porque 1/3 de estas instalaciones se ubican en enclaves naturales con el consiguiente impacto que ello supone.

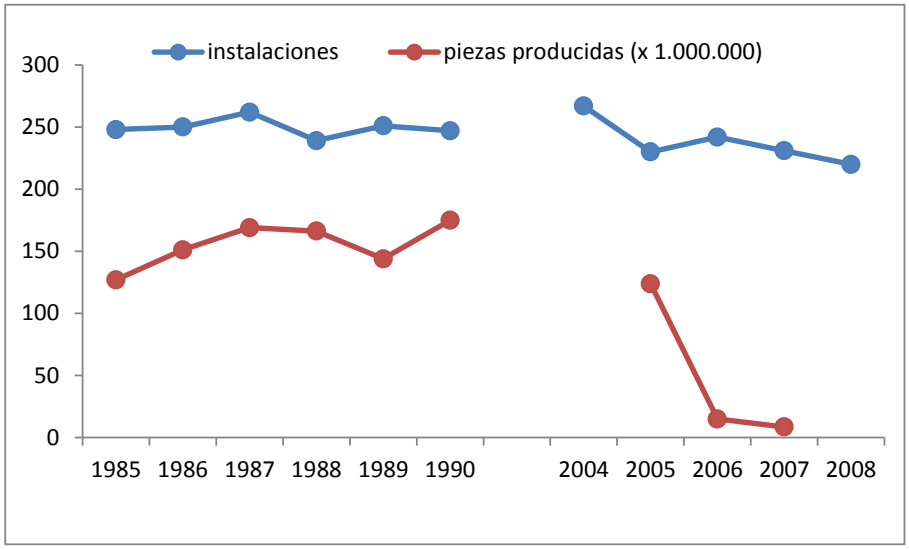

Figura 10.9. Tanto el número de instalaciones de acuicultura como su producción han ido disminuyendo en los últimos años. (Datos extraídos del: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; y http://www.mapa.es/eu/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp).

Imagen 10.1. Una parte importante de la producción en piscifactorías es dedicada a la repoblación de tramos de ríos españoles donde se practica la pesca deportiva.

5.1.2. Agua dulce

La cantidad de agua generada por el ciclo hidrológico en España tiende a disminuir, al igual que lo hace la precipitación anual. Los ríos españoles proporcionan anualmente 110.473 Hm^3 de agua para los servicios de abastecimiento y la recarga anual a los acuíferos se estima en unos 30.000 Hm^3, aunque esta cantidad parece subestimada (Custodio *et al.*, 2009). Existe una alta variabilidad espacio-temporal en la disponibilidad de agua en España que se refleja en la cantidad de agua que proporciona el ciclo hidrológico en cada cuenca hidrológica (Figura 10.10) ligado al régimen de precipitaciones típico del clima mediterráneo, a lo que hay que añadir la incertidumbre generada por el cambio climático. La cantidad de agua disponible en las cuencas españolas oscila entre los 18.555 Hm^3/año en la del Ebro y los 1.187 de la Cuenca Mediterránea Andaluza (sin contar los 227 Hm^3/año de las islas Baleares y los 344 de las Islas Canarias).

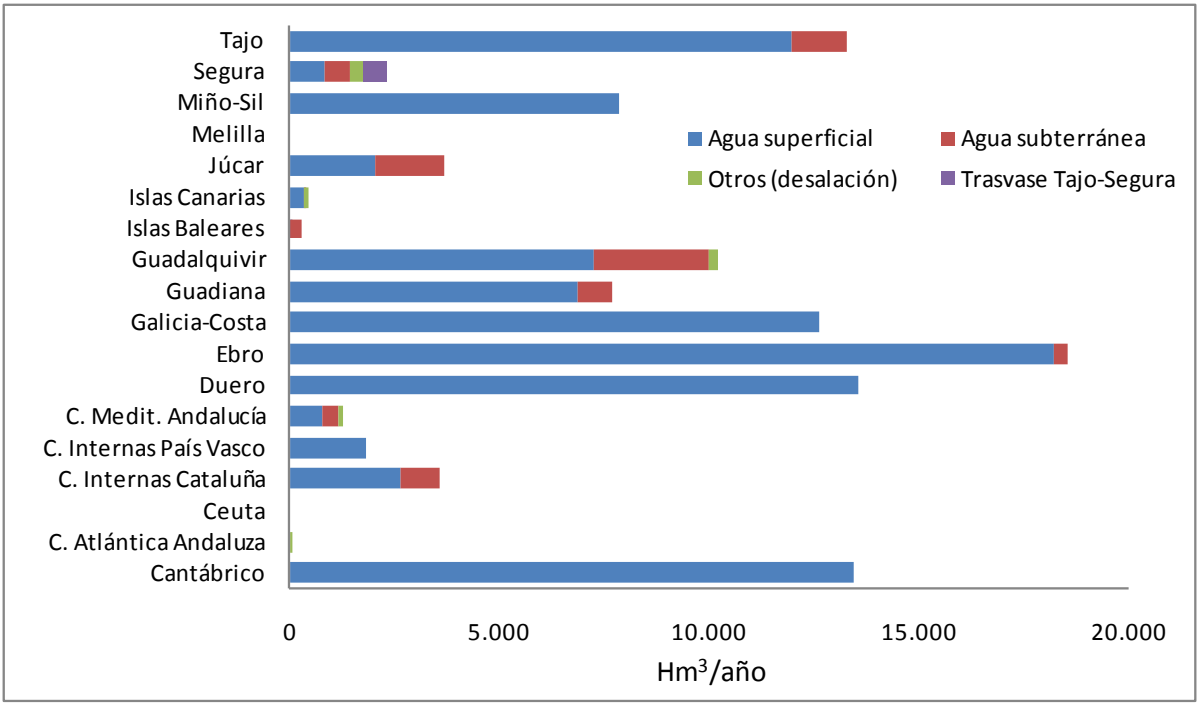

Figura 10.10. La cantidad de agua superficial y subterránea (Hm^3) que es proporcionada por el ciclo hidrológico en cada cuenca hidrológica española es diferente y depende, entre otros del régimen de precipitaciones. Algunas cuencas incorporan otras fuentes de agua externas. Así, el agua obtenida por desalación es utilizada en muchas cuencas mediterráneas españolas y los trasvases de agua pueden llegar a suponer más de la mitad del agua utilizada en cuencas como la del Segura. (Datos extraídos de los Informes de los artículos 5 y 6 de la DMA de las distintas Demarcaciones Hidrográficas).

Los españoles utilizamos un 11% del total del agua generada en las cuencas hidrológicas. Según datos del 2007 (INE-2010), el 12,7% del agua disponible se utiliza en los hogares y más del 81% en agricultura (Figura 10.11), aunque la participación de este sector, incluido el forestal y la pesca en el PIB es tan solo del 2,6% en el año 2009 (MARM, 2011). Utilizando el índice de explotación hídrica, que es la proporción entre el agua capturada para usos que la consumen -abastecimiento, regadío, usos industriales- y no consuntivos –hidroeléctricos, térmicas, acuicultura- respecto del total del agua generada de forma natural (expresado en%), entre los años 1999 y 2006, se superó cuatro veces el 20%, indicando una situación de estrés hídrico, lo cual parece indicar que no siempre la cantidad de agua suministrada por los ríos españoles es suficiente para satisfacer las necesidades de sus habitantes.

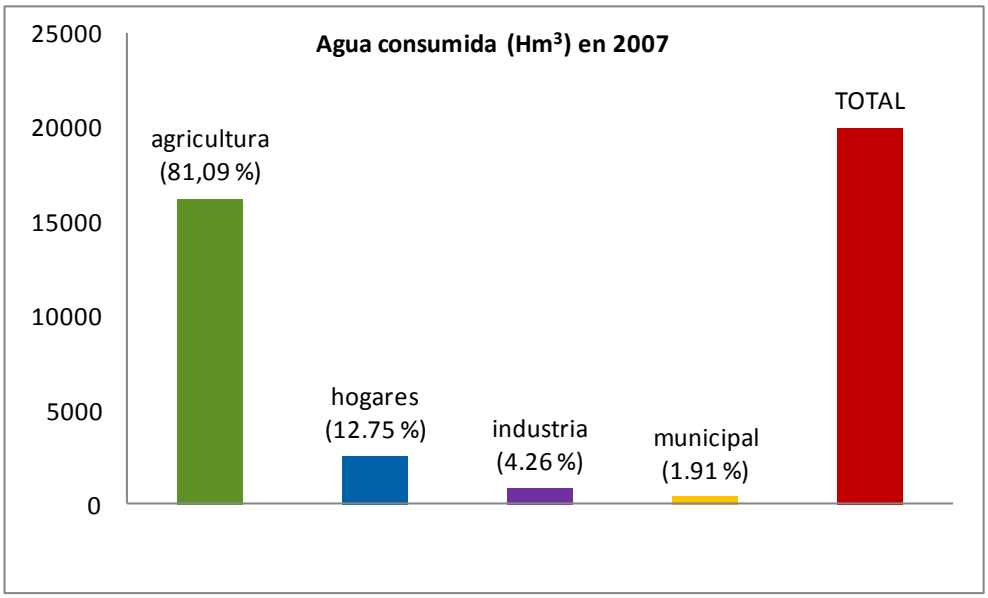

Figura 10.11. Con diferencia la agricultura es la gran consumidora de agua en España. El abastecimiento urbano, municipal y la industria utilizan menos del 20% del total disponible (Datos extraídos de las Estadísticas del INE-2010).

La cantidad de agua consumida por las actividades humanas en algunas cuencas es tan elevada que se ha superado la capacidad para producir este servicio. Un claro ejemplo es la Cuenca del Segura que para abastecer a su población humana tiene que recurrir a las aguas que llegan del Trasvase Tajo-Segura y a la desalación.

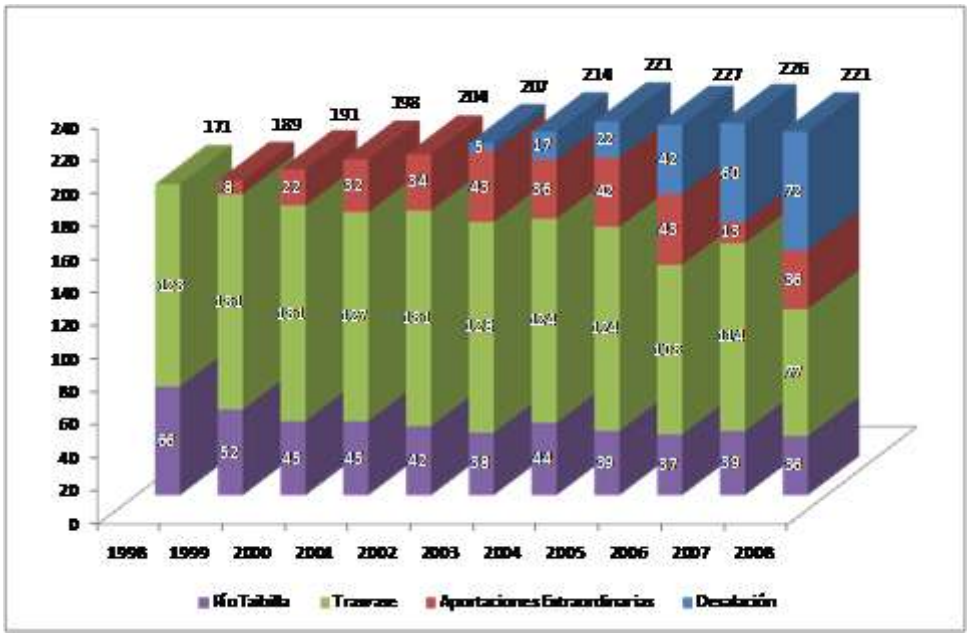

Figura 10.12. En el año 2008, solo el 16% del agua consumida por la población humana de la Cuenca del Segura la proporcionan los ríos, el resto proviene fundamentalmente del agua del Trasvase (34,8%) y de la desalación (32,6%) (Mancomunidad de Canales del Taibilla, 2009).

En el año 2007 cada español utilizó 157 litros de agua al día. En Europa, el consumo medio de agua por habitante oscila entre los 100 y 200 litros diarios (EEA, 2010a), pero si se le suma el agua utilizada para producir alimentos, papel y vestidos este valor aumenta de 10 a 20 veces más. El total de agua utilizada es la huella hídrica y es un indicador del agua usada tanto de forma directa como indirecta.

En España la huella hídrica se estima entre 2.325 m^3/habitante/año, según Hoekstra y Chapagain (http://www.waterfootprint.org/) y 1.752,6 m^3/habitante/año, según Camarero *et al.*, (2010) para el año 2007. Estados Unidos presenta la mayor huella hídrica del mundo (2.480 m^3/habitante/año: http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/especial_huella_hidrica/huella.htm) y en Europa, Grecia es el país con la huella hídrica más alta (2.389 m^3/habitante/año: http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/news/news16_es.htm).

La cantidad de agua que se extrae de los ecosistemas fluviales españoles ha disminuido en un 23% en los últimos 10 años, lo cual no significa que la presión sobre los ecosistemas acuáticos continentales sea menor. La extracción de aguas subterráneas en España se ha incrementado desde 2.000 Hm^3/año en 1960 hasta 1.213.000 Hm^3 en 2008 (INE-2010) (Figura 10.13), fundamentalmente para abastecer a la agricultura de regadío que actualmente ocupa una superficie de 3.401.458 has (6,7% de la superficie total de España) y que no aporta más de 1 € por m^3 de agua utilizada del VAB (valor añadido bruto) a precios de mercado (Maestu *et al.*, 2007). La búsqueda de agua para satisfacer las demandas, sobre todo agrícolas, ha llevado a recurrir a técnicas muy costosas como la desalación, que en los últimos 12 años ha aumentado en un 232%, y a la presión del sector agrícola de algunas cuencas hidrológicas, sobre todo mediterráneas, cuyo "éxito" más notable es el Trasvase Tajo-Segura que aporta anualmente una media de 327 Hm^3 al sureste español, de los que más del 60% se emplea en agricultura (Figura 10.14).

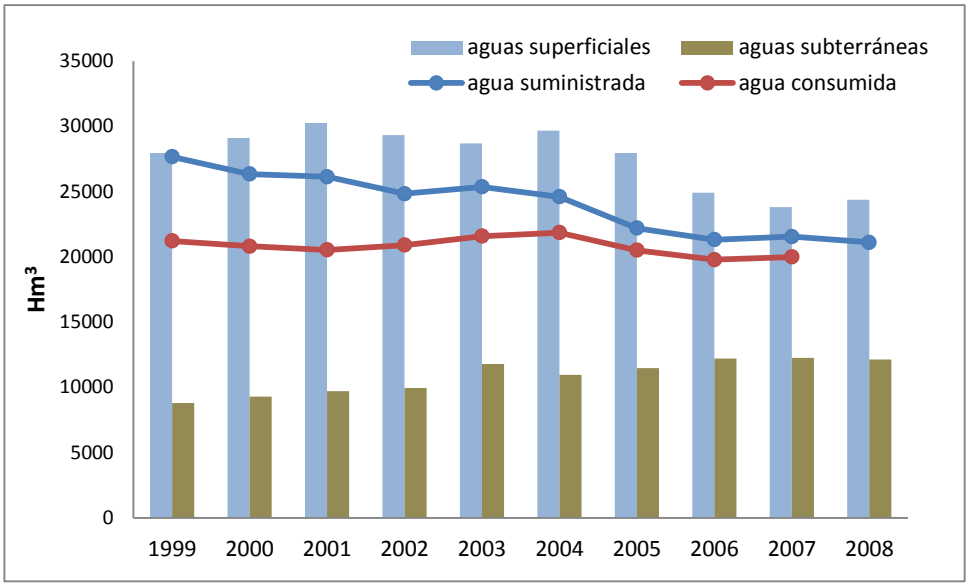

Figura 10.13. Tanto la cantidad de agua suministrada para uso humano como la realmente consumida, han ido disminuyendo progresivamente, aunque existe un desfase entre ellas indicando pérdidas en los sistemas de distribución. Cada vez se extrae menos agua de los ríos (aguas superficiales), pero aumenta la extracción de aguas subterráneas (INE-2010).

Los acuíferos son las reservas estratégicas de agua en periodos de sequía. La recarga anual a los acuíferos en España se estima en unos 30.000 Hm^3. La cantidad de agua subterránea renovable anualmente en España constituye aproximadamente un 30% del total del agua generada de forma natural por el ciclo hidrológico. Estas reservas constituyen la parte renovable de los acuíferos, que en regiones semiáridas, son las reservas estratégicas para el mantenimiento de las actividades que consumen agua en caso de sequías prolongadas como ocurre en España. La extracción de aguas subterráneas en España se ha incrementado desde 2.000 Hm^3/año en 1960 hasta 6.500 Hm^3/año en 2006 (Custodio *et al.*, 2009), que son utilizadas para regar aproximadamente un millón de hectáreas (30% de la superficie total de regadío de España) y abastecer una población de 14 millones de habitantes (35% de la población española).

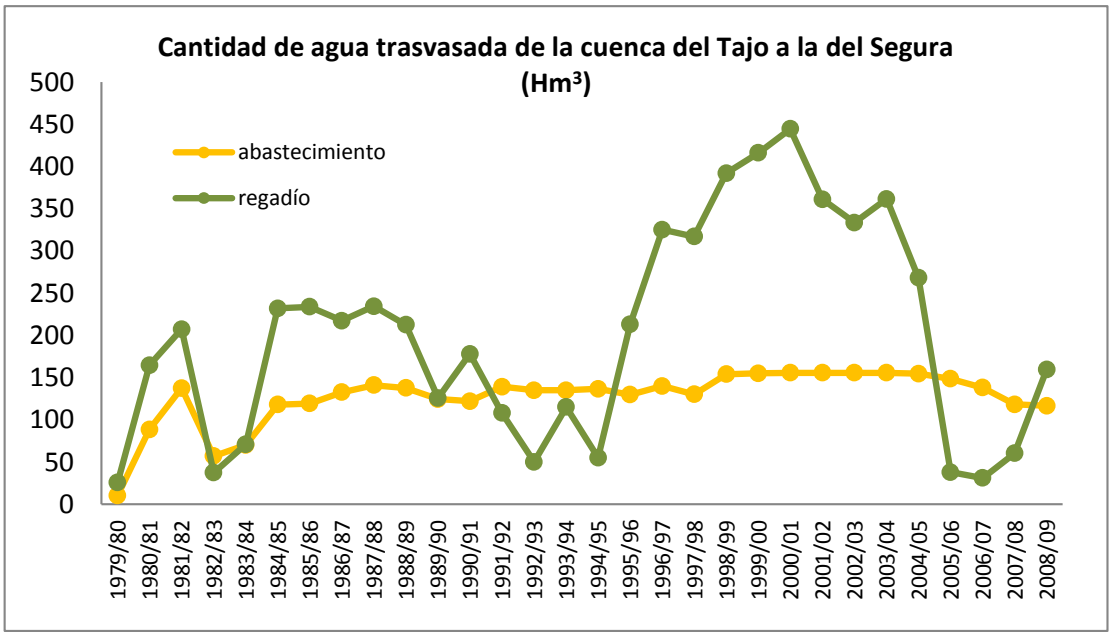

Figura 10.14. La cantidad de agua (Hm^3) trasvasada desde la Cuenca del Tajo a la del Segura depende del ciclo hidrológico anual. Claramente se percibe la escasa resiliencia de la Cuenca del Segura para mantener su sistema agrícola (Confederación Hidrográfica de Segura).

Las desaladoras ¿son la solución? En España, actualmente, existen más de 900 desaladoras, que producen 1.540.000 m^3/día de agua desalada. De éstas el 87% son de Ósmosis Inversa; utilizando como materia prima el 49,1% agua de mar y el 50,9% agua salobre. El destino del agua desalada es el 56% para abastecimiento, el 20% para regadío y el 18% para industria. El volumen de negocio generado por la construcción y explotación de plantas desaladoras en el año 2004 fue de 360 millones de euros (Martínez de la Vallina, 2008). El consumo energético de la desalación es muy elevado, lo cual hace que el precio del agua desalada también lo sea (entre 0,5 y 1 €/m^3). Además, no se trata de una tecnología "limpia", los efluentes procedentes de la desalación contienen muchos productos químicos (detergentes, biocidas, anti-incrustantes, anti-espumantes, metales pesados, etc.) que los hacen potencialmente peligrosos (http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/desalacion.php?localizacion=Desalaci%F3n).

Las aguas residuales tratadas han aumentado en un 230%, pero cada vez es más caro obtener la calidad de agua necesaria para mantener el servicio de abastecimiento público de agua dulce de calidad. El coste del agua distribuida en España ha experimentado un aumento del 100%, en los últimos 11 años, al igual que el agua de abastecimiento (se incrementó en un 50%), mientras que el precio del saneamiento lo hizo en más de un 300%. Además, el consumo de aguas minerales embotelladas ha alcanzado valores muy elevados que, en 2007 supusieron una facturación de 850 millones de euros (según ANABE), más del doble de lo que gastan los servicios de abastecimiento oficiales en proporcionar agua potable extraída de los ecosistemas naturales. La contaminación de los ríos y una cierta inseguridad sobre la calidad del agua del abastecimiento público, difundida por las marcas envasadoras de agua, justifican este consumo. Un claro ejemplo de cómo un servicio que proporcionan las aguas continentales como es el agua doméstica, ha sido capitalizado en origen por un sector comercial hoy en pleno auge.

5.1.3. Materias primas de origen biológico

La leña y la madera que proporcionaban los árboles y arbustos ribereños están siendo sustituidas por plantaciones de chopos. El 1,25% del total de la superficie forestal en España está cubiertas por árboles y arbustos riparios (Inventario Nacional Forestal). En los últimos 12 años la producción de madera procedente de especies ripícolas se ha incrementado en más del 250% (Figura 10.15), pero debido fundamentalmente, al aumento de las plantaciones de chopos que, en muchos casos, sustituyen a la vegetación ribereña natural (Imagen 10.2), disminuyendo así el servicio de regulación del control de erosión y filtro de nutrientes que ejercen los bosques ribereños.

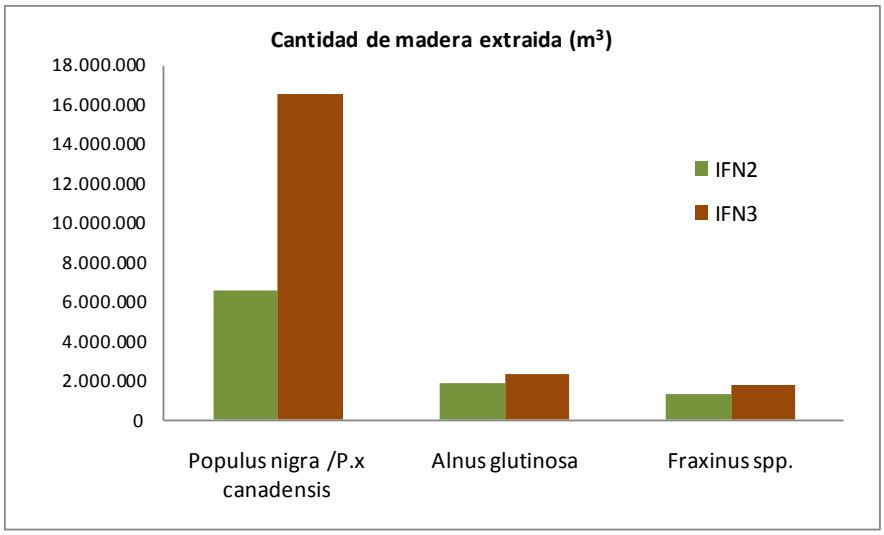

Figura 10.15. El incremento en la extracción de madera de especies arbóreas ripícolas en los últimos 10 años (fundamentalmente chopos) se debe al aumento de su demanda para la fabricación de cajas para el envase de productos hortofrutícolas, fabricación de muebles y autocaravanas (Álvarez Moreno, 2004).

Imagen 10.2. Los bosques ribereños proveen de materias primas de origen biológico como madera, y fibras para elaborar artesanías.

5.1.4. Materias primas de origen mineral

5.1.4.1. Gravas y arenas

La extracción de gravas y arenas de las terrazas fluviales y cauces ribereños es un servicio de abastecimiento mal utilizado. Según los datos de la Estadística Minera (año 2001), existen unas 1.915 explotaciones de áridos en España, de las cuales aproximadamente el 46% son graveras (880). En cuanto a las graveras en explotación según ANEFA (Asociación Nacional de Fabricantes de Áridos) actualmente se contabilizan un total de 158. La producción de grava y arena en el año 2006 fue de 137,3 Millones de toneladas. Estos datos, sin embargo, pueden estar subestimados (Regueiro, 2007) y el número de extracciones debe ser mayor, dado la cantidad de denuncias que grupos ecologistas y otros colectivos realizan sobre la extracción ilegal de gravas y arenas en cauces y terrazas fluviales.

5.1.4.2. Salinas continentales

En España existen un importante número de ríos, arroyos, humedales y acuíferos salinos que desde tiempos de los romanos son explotados para la extracción de sal. A diferencia de las salinas marinas más industrializadas, las de interior son artesanales y constituyen un fenómeno único en el continente europeo (Imagen 10.3). De las 271 salinas interiores o continentales que existían en España, solo quedan 23 de ellas actualmente en explotación, que producen el 2,6% de la producción total de sal, cuyo valor en el año 2007 alcanzó los 8.702 miles de euros (el 23,24% de total de sal exportada en España) (Figura 10.16). No obstante, la competencia con las salinas marinas y el abandono progresivo de esta actividad ha hecho que disminuya el número de puestos de trabajo dedicados a esta actividad (desde 147 puestos en 1994 hasta 95 en 2007).

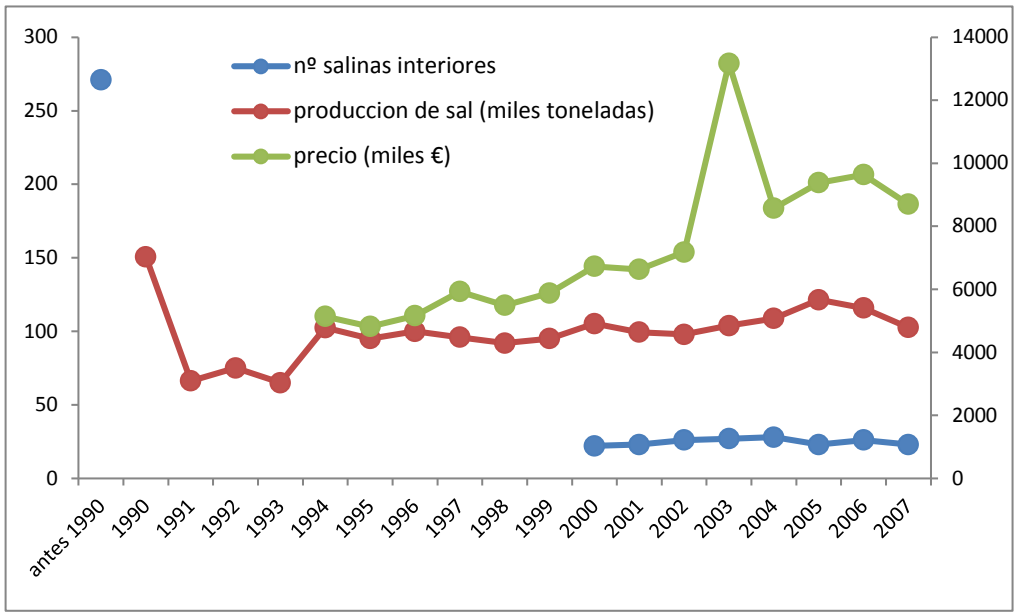

Figura 10.16. Desde el año 2000 se mantiene el número de explotaciones salineras, pero la tendencia ha sido a disminuir drásticamente su número desde mitad de siglo XX. Muchas de las instalaciones actuales han cambiado su producción salinera por actividades relacionadas con el turismo rural y educación ambiental, una alternativa para la puesta en valor de este servicio.(Elaboración propia con datos extraídos del Instituto de la sal (ISAL))

Imagen 10.3. Las salinas interiores españolas son únicas en Europa. Pequeñas y artesanales, su producción salinera se encuentra hoy día en regresión.

5.1.4.3. Aguas minerales y de manantial

Las aguas minerales y de manantial que deberían constituir buena parte del servicio de abastecimiento de agua dulce de calidad para la población humana han sido totalmente capitalizadas por el sector comercial. Según el trabajo de Espejo (2001), en España existen cerca de 2.000 manantiales (Imagen 10.4) y 115 empresas que comercializan agua envasada, aunque solo 85 la producen en un volumen que supera los 2 millones de litros. En febrero 2008 se comercializaban en España un total de 171 marcas de aguas minerales diferentes (http://www.agua-mineral.net/9/aguas-minerales-espanolas/) cuya producción en el año 2007 fue de 5.637 millones de litros. Desde el año 2000 al 2007 la producción de aguas envasadas ha aumentado en España más de un 146%. El precio del agua envasada aumentó en un 163,5% entre 2001 y 2005 (de 686.967 miles de euros a 1.122.910 miles de euros) (ANEABE).

Imagen 10.4. España es especialmente rica en fuentes y manantiales, muchos de los cuales han desaparecido por la exhaustiva extracción de aguas subterráneas. Otros, por el contrario, han sido capitalizados en origen para su comercialización por la industria de aguas envasadas.

¿Cuánto les cuesta a los españoles el agua embotellada? No es posible establecer un precio único para el agua envasada, dado que depende de la marca comercializada, pero un litro de agua embotellada cuesta, como mínimo, 250 veces más que un litro de agua del grifo que cuente con todas las garantías sanitarias (http://blogs.periodistadigital.com/medioambiente.php/2007/09/14/el_consumo_mundial_de_agua_mineral_se_du). En Barcelona, Agbar suministra un metro cúbico (1.000 litros) a 0,95 céntimos de euro y, en la misma ciudad, una garrafa de agua de cinco litros no cuesta menos de 1,10 €, en los supermercados más baratos. Según la Agencia de Salud Pública, en España se consume un promedio de 129 litros de agua envasada por habitante y año.

5.1.5. Energías renovables

La producción de energía hidráulica en España no aumenta ni aun en los años climáticamente favorables. La producción hidroeléctrica anual en España es muy variable y depende en gran medida del régimen de precipitación anual (según REE, en el año 2010 la producción hidroeléctrica ha supuesto un 65% más que el año anterior). Aunque la producción de energía eléctrica sigue una tendencia ascendente, la hidráulica se ha estabilizado a partir de los años 70 (una media de 27.373 GWh en los últimos 30 años). Esto tiene que ver con la construcción de embalses y la capacidad de producción de energía hidroeléctrica por los mismos (Figura 10.17). De hecho la evolución de la producción hidroeléctrica es paralela a la cantidad de agua acumulada en los embalses. Así pues, la capacidad para producir energía hidroeléctrica en España parece haber tocado techo.

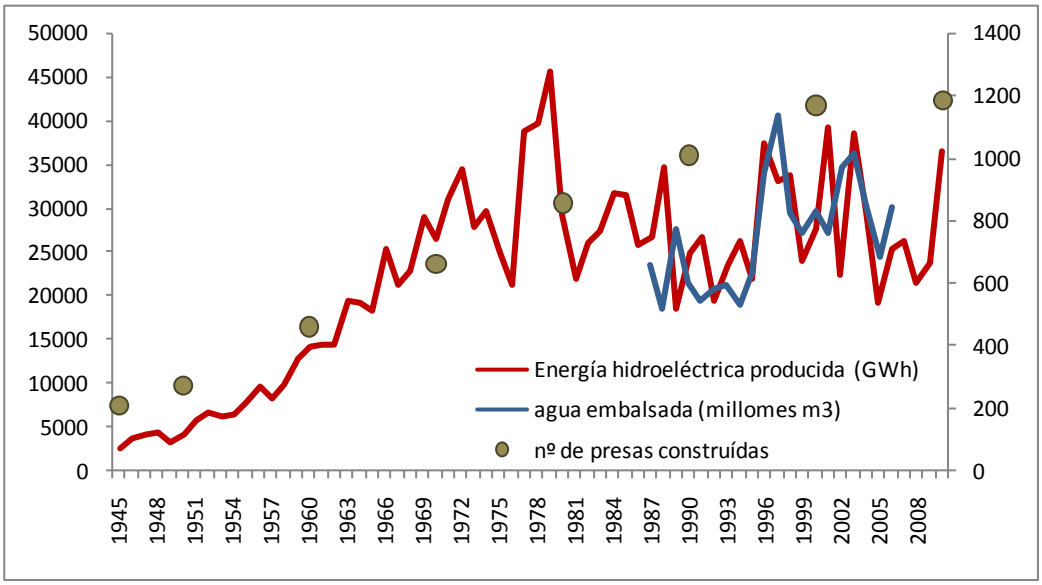

Figura 10.17. La producción de energía hidroeléctrica (GWh) en España depende de la cantidad de agua embalsada anualmente, y por tanto del régimen anual de precipitaciones, muy irregular en el ámbito mediterráneo. (Elaboración propia con datos extraídos de los Informes del IDAE y REE e INE-2010).

En España se están potenciando las minicentrales que, aunque son tratadas como productoras de **"energía renovable", generan graves impactos en los ríos donde se ubican**. En el año 2009 la potencia producida por minicentrales (<10 MW y entre 10-50 MW) era de 4.997 MW (http://www.renovablesmadeinspain.es/tecnologia/pagid/20/titulo/Minihidr%C3%A1ulica/), lo que supone casi un 37% del total de energía hidroeléctrica producida en España. Según establece el Plan de Energías Renovables en España (PER 2005-2010) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, el objetivo a alcanzar en 2010 era de 2199 MW, lo cual se ha superado con creces, como ocurre en Cataluña, Galicia, Aragón, Cantabria y Madrid. Las minicentrales aunque son consideradas como productoras de "energía renovable", suelen situarse en los tramos de ríos bien conservados (en muchos casos en espacios protegidos), e impactan directamente sobre el caudal natural y las comunidades

piscícolas. Además, se suele obviar el efecto sinérgico que, en muchos casos, supone la instalación de varias minicentrales sucesivas a lo largo de un mismo cauce.

A lo largo de la historia del ser humano la fuerza motriz del agua ha sido empleada como fuente de energía no transformada para múltiples aplicaciones: la transformación de alimentos (harina, aceite, etc.) y fibras (molinos de agua), la extracción y elevación del agua fundamentalmente para ampliar zonas de regadío (norias, aceñas, etc.) (Imagen 10.5), para el transporte de enseres y personas (maderadas, barcazas, etc.), etc. Todas estas actividades han dejado de ser servicios para el ser humano y en la actualidad quedan como testimonios de actividades obsoletas. Aún así dejaron un importante patrimonio cultural en forma de instalaciones hidráulicas, riqueza lingüística y modos de elaboración de materiales artesanales que cada vez son más apreciados por las sociedades urbanas. España es especialmente rica en este patrimonio que debería poner en valor.

Imagen 10.5. Las norias son un ejemplo de como el hombre ha utilizado la fuerza motriz del aguas como servicio de energía renovable.

5.1.6. Acervo genético

La fauna autóctona de las aguas continentales españolas es una de las más endémicas del mundo. El número total de vertebrados de ríos y riberas españoles es de 106, siendo los peces el grupo que más especies aporta (46,2%) (Doadrio y Aldeguer, 2007). El número total de endemismos es de 74 (casi el 70% del total de especies). Los peces y los anfibios son los que más número de endemismos presentan (37 y 26 respectivamente) (Figura 10.18). El nivel de conocimiento de los invertebrados acuáticos es menor, pero el 20% de las especies descritas actualmente del grupo de los coleópteros son endémicas (Ribera, 2000). El aislamiento geográfico y las características ambientales de los ríos españoles justifican al alta endemicidad sobre todo de los grupos de vertebrados más ligados al agua (Andreu-Soler y Torralva, 2007).

El acervo genético de especies acuáticas y ribereñas endémicas en España está disminuyendo rápidamente. Según los libros rojos de peces, anfibios, reptiles y mamíferos, 16 especies de Vertebrados de los ríos españoles se encuentran en peligro crítico o de extinción, mientras que 51 están catalogadas como vulnerables y casi amenazadas. Es decir, más del 63% presentan un estado de conservación preocupante o muy preocupante (Figura 10.18). En Portugal, el 70% de las especies de peces de agua

dulce autóctonos están amenazados (Pereira *et al.*, 2009). Según el Atlas de los Invertebrados Amenazados de España (Verdu y Galante, 2009), 62 especies de invertebrados acuáticos están en la misma situación (Imagen 10.6). La contaminación de los ríos, canalizaciones, extracciones excesivas de agua, construcción de embalses y minicentrales hidroeléctricas, extracción de gravas, introducción de especies invasoras, contaminación genética, furtivismo, sobrepesca, etc., son las amenazas más importantes para la supervivencia de estas especies.

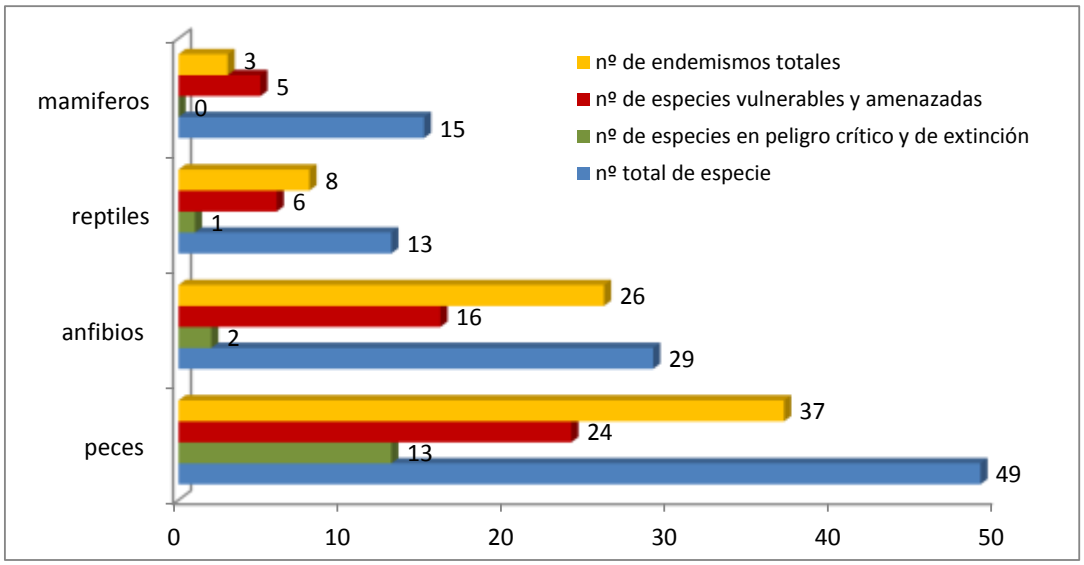

Figura 10.18. Más del 73% de los peces continentales (UICN, 2009), casi el 35% de los anfibios, casi el 54% de los reptiles y el 12% de los mamíferos, se encuentran en peligro crítico o de extinción (Libros Rojos de Peces, Anfibios, Reptiles y Mamíferos).

Imagen 10.6. Aunque la información sobre la biodiversidad de invertebrados acuáticos no es muy completa (MA, 2005b), según el Atlas de los Invertebrados amenazados de España el 62% de ellos se encuentran en peligro.

La conservación del acervo genético en forma de especies amenazadas o en peligro de extinción tiene un alto coste económico, tanto en inversión para su recuperación, como en pérdidas de valor. El fartet, un pequeño pez endémico del sureste español en peligro de extinción tiene un plan especial de recuperación que cuesta 1.148.68 euros. El manteniendo de su hábitat natural hubiera sido suficiente para que no se perdiera esta especie. El cangrejo autóctono, que formaba parte de la alimentación humana, está prácticamente extinto. Actualmente quedan solo unas 700 poblaciones (dato probablemente sobreestimado) en su hábitat original en toda España (MMA, 2007a). Su pesca en el año 1962 supuso un valor comercial de 306.516,17 euros (Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 1997).

La inversión económica para la conservación del acervo genético en de ríos y riberas españoles abarca solo a unas pocas especies y espacios fluviales. Durante los últimos 14 años, el programa LIFE ha financiado en España 447 proyectos, de los que 205 se han centrado en la protección de la naturaleza. Actualmente hay en curso 99 proyectos LIFE, que representan una inversión total de 663,4 millones de euros, de los que el 41,4% proceden de la Comunidad Europea. Desde el año 1999 se han financiado en España un total de 7 proyectos relacionados con la conservación de especies o espacios fluviales, por un total de 6.651.967 euros. Cuatro de ellos para la conservación de especies (Conservación del visón europeo (*Mustela lutreola*) en Cataluña; Conservación de *Margaritifera margaritifera* en LIC de Zamora, Conservación de *Margaritifera auricularia* en Aragón y Conservación de stocks genéticos de *Aphanus iberus* (Murcia)), y solo dos para la conservación de hábitats (Conservación y manejo en el Parque Natural "Hoces del Rio Duratón" y Gestión ecosistémica de ríos con visón europeo).

5.2. Servicios de regulación

5.2.1. Regulación climática

5.2.1.1. Regulación climática regional o local

A pesar de la pequeña superficie que ocupan los bosques ribereños, participan en el servicio de regulación del clima. Los bosques de ribera en buen estado de conservación amortiguan la amplitud térmica diaria que es especialmente alta en el sur de España (más de 5 ºC de diferencia a la misma hora) (Imagen 10.7). Sin embargo, su destrucción es cada vez más patente. Al menos el 20% de la longitud de ríos en la Cuenca del Segura y el 5% de las riberas del Guadalquivir han sido inundados por embalses eliminado las riberas adyacentes y el 52% de sus riberas han sido transformadas para la agricultura. En la Cuenca del Segura 88,26 Km de cauce han sido acortados y canalizados para la prevención de inundaciones (Ezcurra, 1995).

Imagen 10.7. Los bosques de riberas bien conservados regulan el clima local amortiguando la amplitud térmica.

El agua evaporada por 139 embalses españoles (1% del total de embalses) supone algo más del 2% del total de agua que proporcionan los ríos españoles. Datos del Instituto Geográfico Nacional (http://www.ign.es/ign/es/IGN/ane_tablaDatos.jsp) sobre la evaporación total de 139 embalses de toda España, proporciona un valor de 2.202,5 Hm^3 al año. Dado que en España existen un total de 1.300 embalses este valor podría llegar a suponer un porcentaje muy importante del total de agua que proporcionan los ríos españoles. Al margen de la importancia que ello tiene sobre todo para las cuencas hidrológicas del sur, la contribución de estas masas de agua al clima local es evidente.

El aumento extraordinario del número embalses y balsas para regadío pueden modificar el clima local. El número de embalses y balsas de riego en España ha sufrido un incremento importante en los últimos 20 años, de hecho, la superficie de láminas de agua libre desde 1990 hasta 2000 ha aumentado en un 12.3% (de 2.847 km2 a 3.197 km2) (datos del Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento), cuya evaporación no es despreciable. Como ejemplo, en la Cuenca del Segura existen más de 13.000 balsas de regulación de riego con una superficie aproximada de 5.000 has (Martínez Fernández y Esteve, 2009). Considerando que la evaporación potencial de agua en la Cuenca de Segura es de unos 1.550 mm por año de media (Vera Muñoz, 1990), las pérdidas de agua por evaporación son del orden de 77,5 Hm3, el 9,3% del total de agua disponible anualmente en dicha cuenca.

5.2.1.2. Almacenamiento de carbono

Los bosques de ribera son sumideros de CO_2, contribuyendo a reducir los gases de efecto invernadero. A pesar de escasa superficie que suponen las riberas en el territorio español, la vegetación ripícola española almacena 496,2 Giga-gramos de CO_2 por año, lo que supone el 0,12% del total de las emisiones de CO_2 emitidas en España en el año 2008. (MMA, 2007b, MARM, 2010b). La desaparición y alteración de los bosques de ribera tiene una clara influencia sobre la pérdida del servicio de regulación de almacenamiento de carbono.

Los fluvisoles también almacenan carbono. 159.230,14 toneladas de C orgánico se estima que acumulan los suelos aluviales españoles (según cálculos realizados con los datos obtenidos por Díaz-Hernández *et al.*, 2003). La superficie de suelos aluviales en España, según CORINE (http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/soil-type) es de 159.230 has. La pérdida del suelo aluvial supone reducir el servicio de regulación de almacenamiento de carbono.

En España están aumentando considerablemente los gases de efecto invernadero procedentes de las aguas residuales y los lodos de las depuradoras. En el año 2005 la emisión de CO_2-eq de las aguas residuales supuso el 0,76% del total de CO_2 emitido en España, y el 25,76% del CO_2 del total de residuos (que incluye residuos sólidos urbanos, incineración de residuos, tratamiento de lodos y compost). Según el último informe sobre emisiones de gases de efecto invernadero del MARM (2010b), la emisión de CO_2 del total de residuos para 2008 fue de 15.565,45 Giga-gramos, que con respecto al año 2005 suponen un aumento del 83%. Igualmente las emisiones de CH_4 se han duplicado en 15 años, y las de N_2O por más de 20 (Figura 10.19). Aunque las aguas residuales y los lodos contribuyen escasamente a las emisiones de CO_2 en España, su tendencia a aumentar casi 1.5 veces en 15 años resulta preocupante. Más aún cuando este aumento se debe al incremento de aguas residuales provenientes del sector industrial y al aumento de la población humana.

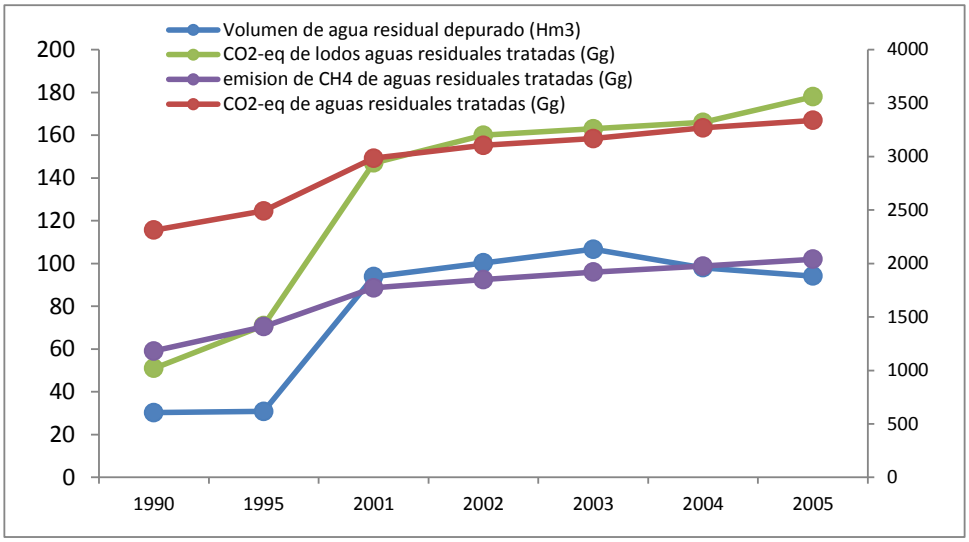

Figura 10.19. El aumento de gases de efecto invernadero en España procedente de la depuración de las aguas urbanas e industriales y el tratamiento de lodos de depuradoras están incidiendo negativamente sobre los efectos del cambio climático. (Elaboración propia con datos extraídos de Informe Inventarios GEI 1990-2005 (marzo 2007) e INE-2010).

5.2.2. Regulación hídrica

5.2.2.1. Regulación hídrica

Los mecanismos naturales de regulación del ciclo hidrológico en España están muy deteriorados. La capacidad reguladora natural de la parte del ciclo hidrológico correspondiente al agua en forma de hielo cada vez es menor. Según el Programa ERHIN (1984-2008), tanto del número como de la superficie ocupada por los glaciares españoles han retrocedido de forma extraordinaria en los últimos 200 años (Figura 10.20). Según el informe del MMA-IGTE (1977), 77 unidades hidrogeológicas de las 769 que se han identificado en España, se encuentran en estado de sobreexplotación o salinización, y según el informe del MARM (2010a), 219 masas subterráneas están en riesgo de no alcanzar el buen estado cuantitativo.

Sin embargo pocas de ellas tienen la declaración legal de sobreexplotación (Custodio *et al.*, 2009). De igual manera, la cantidad de agua contenida en el suelo sigue una tendencia a disminuir, lo cual es efecto del aumento general de la temperatura en España, consecuencia del cambio climático, que favorece la evapotranspiración.

El suelo actúa también como regulador natural del agua dentro del ciclo hidrológico, favoreciendo la infiltración, disminuyendo la escorrentía superficial y, por tanto el impacto de las avenidas de agua. El que la tendencia sea a disminuir tiene un efecto negativo en la recarga de los acuíferos. La cuenca del Segura es la que muestra los valores medios más bajos de la serie (17,84 l/m^2), aunque en general todas las mediterráneas presentan valores inferiores a la media de España (51,34 l/m^2).

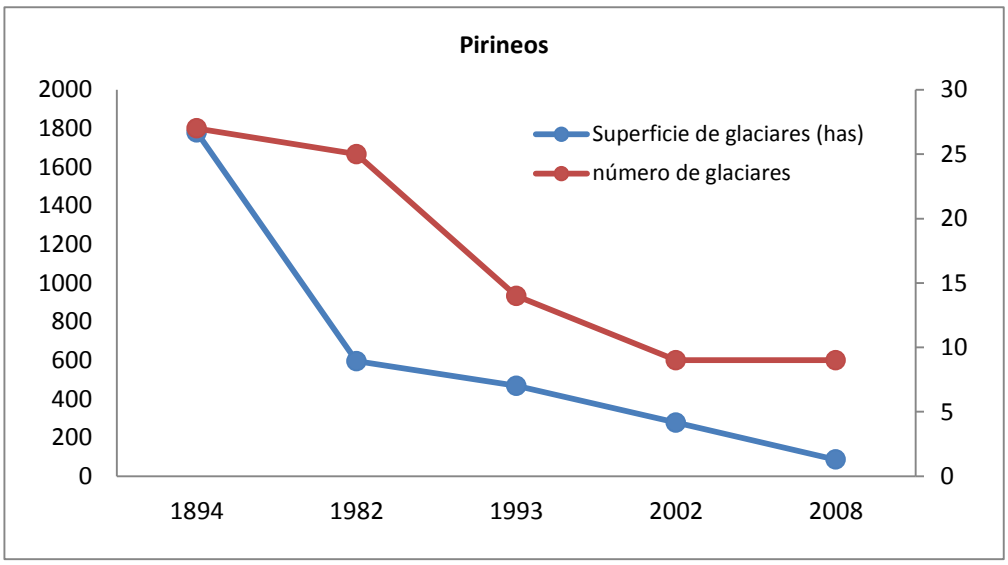

Figura 10.20. En los Pirineos hay 3 veces menos glaciares que hace 200 años. De igual manera la superficie que ocupaban ha disminuido en 136 veces. Su relación con el descenso de las precipitaciones en forma de nieve, así como con la cantidad de nieve acumulada es evidente. (Datos extraídos del Programa ERHIN (1984-2008)).

La capacidad reguladora del ciclo hidrológico por los embalses españoles es, al día de hoy, prácticamente nula. La construcción de presas en los ríos españoles ha seguido una curva exponencial desde final de la década de los 50 (Figura 10.21). En la actualidad España cuenta con un total de 1.300 embalses. Se trata del país con mayor número de presas por km de cauce. La capacidad total de estos embalses se estima en 54.380 Hm^3 y aunque su capacidad ha ido aumentando a lo largo del tiempo, no lo ha hecho la cantidad de agua acumulada. De hecho, la cantidad de agua que almacenan responde directamente a las precipitaciones anuales, de manera que los embalses actualmente solo retardan levemente la cantidad de agua de lluvia.

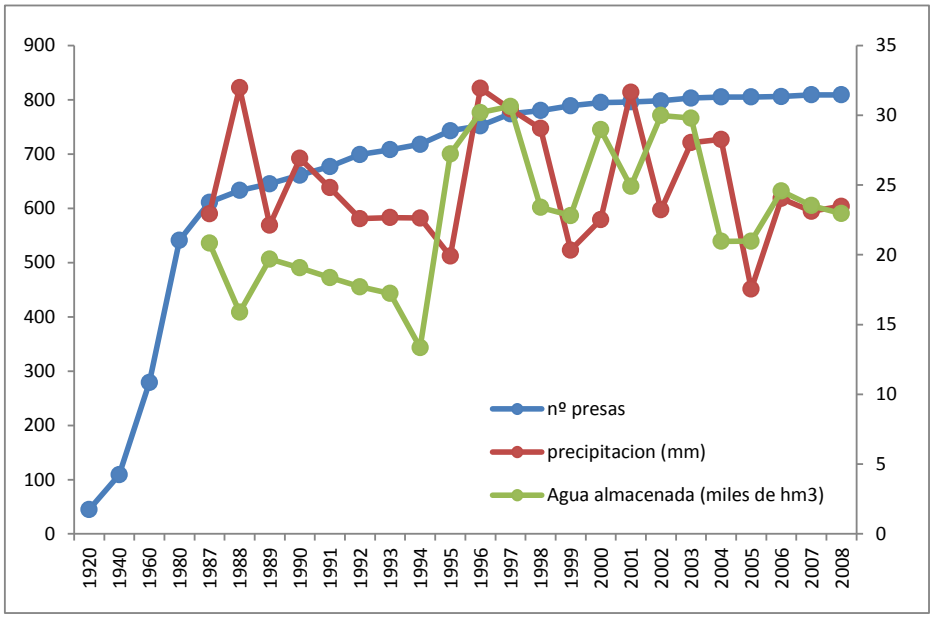

Figura 10.21. A partir de los años 90 los embalses españoles no cumplen su papel de regular el agua de los ríos. El ritmo de consumo humano de agua y la disminución de las precipitaciones han colapsado su función reguladora. Es inútil construir más embalses reguladores.

España es el país con más presas por número de habitantes del mundo, las cuales regulan el 50% del agua generada en las cuencas hidrológicas (Imagen 10.8), a pesar de lo cual el actual modelo de gestión no asegura el abastecimiento público en periodos de sequía prolongada, como ya se ha demostrado en la

sequía acaecida desde el 1 de octubre de 2004 hasta el 30 de septiembre de 2007 (MMA, 2008a). Desde febrero de 2006 hasta junio de 2010, la mayor parte de las cuencas hidrológicas españolas estuvieron en estado de prealerta por sequía y en tres ocasiones en situación de alerta. En este mismo periodo la Cuenca del Segura estuvo en estado de emergencia durante 31 meses y en la del Guadalquivir 32 meses en estado de alerta. Durante los meses donde la precipitación es baja se colapsa la capacidad reguladora de las cuencas hidrológicas por el exceso de la demanda de agua. Sin embargo, los embalses son trampas de sedimentos que impiden su redistribución en el cauce y en las riberas, limitando otros servicios de regulación como la fertilización del suelo de las vegas y la diversificación de los hábitats necesarios para la supervivencia de muchas especies.

Imagen 10.8. España es el país del mundo con más embalses por habitante, pero su modelo de gestión no asegura que en periodos de sequía se pueda abastecer a toda la población.

Los trasvases de agua entre cuencas se plantean y ejecutan como una opción tecnológica para abastecer de agua a aquellas cuyas demandas superan a la cantidad de agua generada por el ciclo hidrológico. En sí los trasvases no son un mecanismo de regulación sino más bien de redistribución que provocan graves impactos tanto en las cuencas cedentes como en las receptoras (Gómez Orea, 1997; Ibáñez, 2001). En España existen varios trasvases de distinta entidad pero el de mayores dimensiones es el que transfiere agua todos los ciclos hidrológicos desde la cuenca del Tajo a la del Segura (Imagen 10.9). La cantidad de agua trasvasada oscila de un año a otro, siendo bastante dependiente de la precipitación anual (Figura 10.22). Desde el año 1978-79 que se puso en marcha hasta el 2008-09, la media de agua trasvasada es de 327 Hm^3, lo cual supone el doble de la cantidad media de agua acumulada anualmente en los embalses del Segura y el 6,6% de la cantidad media acumulada en los embalses del Tajo.

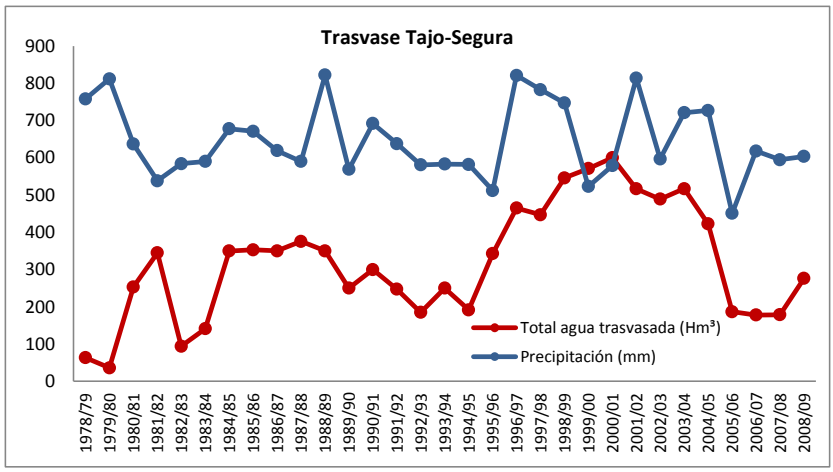

Figura 10.22. La cantidad de agua trasvasada desde el Tajo al Segura depende del ciclo hidrológico anual. Mantener los regadíos del sureste además de agua cuesta mucho dinero (750.000 euros se utilizarán en el año 2011 para mantener en condiciones las obras del trasvase y evitar pérdidas de agua). (Confederación Hidrográfica del Segura; MARM).

Imagen 10.9. La cuenca del Segura cada vez depende más del agua que, a través del Trasvase Tajo-Segura le trasfiere el río Tajo.

Los sistemas de distribución de agua en España son cada vez más eficaces, así como la reutilización de agua, pero ésta no compensa las pérdidas totales en la redes de distribución. La cantidad de agua perdida en la fase de distribución para abastecer a los distintos sectores productivos y la que se reutiliza tras su depuración pueden ser interpretadas como un indicador de la eficiencia dentro del proceso de regulación del agua. La tendencia general es a disminuir tales pérdidas, aunque en el año 2007, supusieron un total de 2.837 Hm^3, es decir más del 12% de la cantidad media de agua acumulada en los embalses españoles, aproximadamente un 17,9% de la que se reutilizó (Figura 10.23).

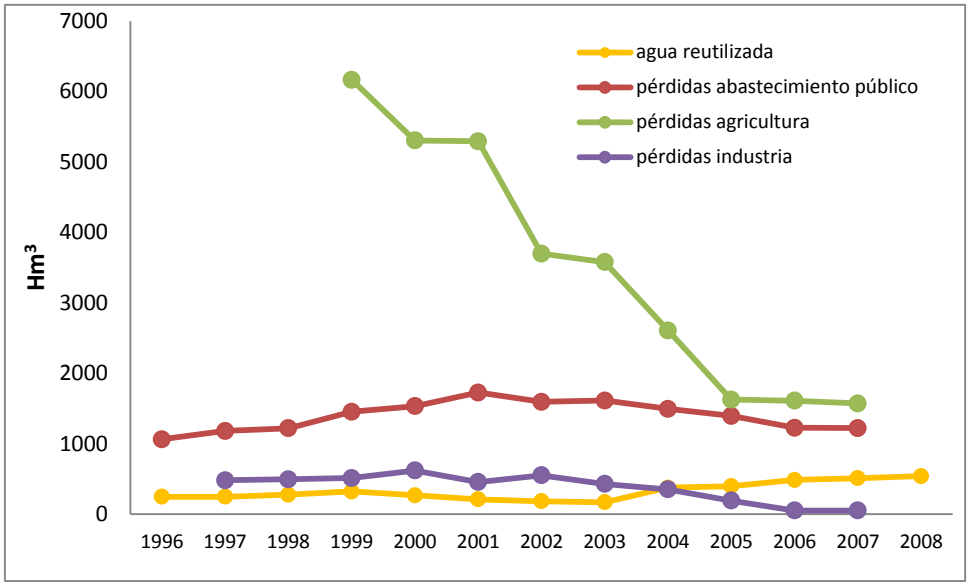

Figura 10.23. El mayor esfuerzo en reducir las pérdidas de agua en los sistemas de distribución se ha realizado en el sector agrícola que se estima en un 75%, aunque ello no ha contribuido a disminuir las extracciones de agua para el regadío sino para aumentar aún más su superficie. En el año 2008 se reutilizaron 539,12 Hm^3, es decir un 2,6% de la cantidad media de agua acumulada en los embalses españoles, que no compensa aún las pérdidas totales. (Elaboración propia con datos extraídos del INE-2010).

5.2.2.2. Autodepuración del agua

Prácticamente ha desaparecido el servicio de regulación de autodepuración del agua que realizaban los ríos y riberas españoles. Las 1.710 depuradoras que existen actualmente en España, tratan casi 100 m^3 por habitante y año, a un coste de 0,36 € cada m^3, y apenas han conseguido controlar el deterioro de la calidad del agua de los ríos. El número de vertidos urbanos e industriales ha aumentado en los últimos 20 años (un 66% los urbanos y un 82% los industriales), generando una gran cantidad de lodos cuyo procesado emite gases de efecto invernadero. Aunque ha disminuido el consumo de fertilizantes su persistencia en el suelo hace que la contaminación difusa sea un problema grave, colapsando la capacidad de los ríos para realizar su servicio de autodepuración del agua (Figura 10.24).

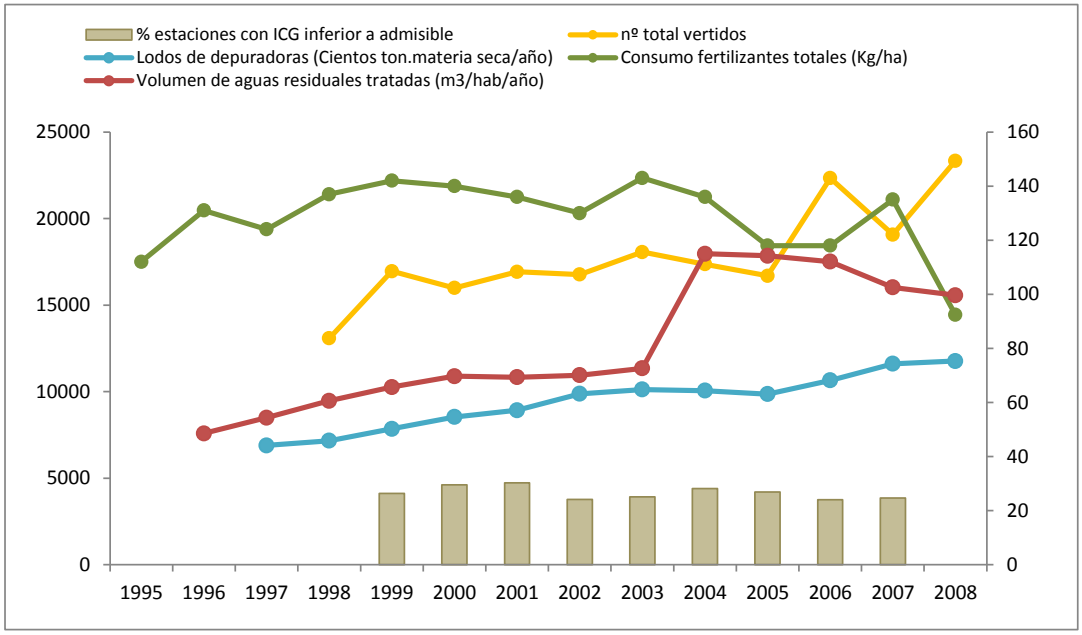

Figura 10.24. El ICG (Índice de Calidad General), que clasifica los 2.415 puntos de la red de control de calidad del agua de los ríos españoles, apenas mejora el número de puntos con una calidad inferior a admisible. El aumento de vertidos, la disminución del volumen de agua tratada en las depuradoras y la contaminación difusa, provocada por la persistencia de fertilizantes en el suelo, explican esta limitación. (Elaboración propia con datos extraídos de: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm).

El servicio de regulación de autodepuración que generan los ríos y riberas es dependiente de la cantidad de agua que se deja circular por los cauces. En los últimos años se detecta un importante descenso de volumen de aguas tratadas por las depuradoras, que ha pasado de un máximo de 0,665 m^3/hab/día (11.250,6 Hm^3) en 2004 a 0,305 m^3/hab/día (5.138,5 Hm^3) en 2008 (Figura 10.25). Pero el agua tratada no suele reincorporarse de nuevo a los ríos sino que es reutilizada fundamentalmente en agricultura. La capacidad autodepuradora de los ecosistemas de aguas continentales depende también de la cantidad de agua que circula por ellos.

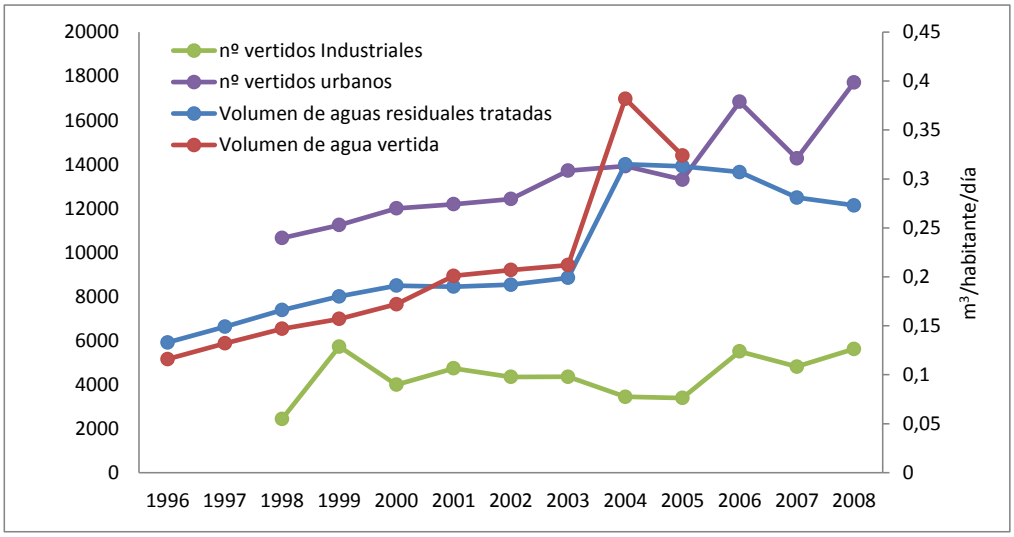

Figura 10.25. Tanto el número de vertidos urbanos como industriales a los ríos españoles han ido aumentando progresivamente en los últimos 20 años, a la par que ha disminuido la cantidad de agua depurada y reincorporada a los ríos, lo cual dificulta el servicio de autodepuración. (Elaboración propia con datos extraídos de: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/indicadores.htm).

La calidad del agua de los ríos españoles ha mejorado en los últimos 10 años. La carga contaminante por materia orgánica en los ríos españoles ha ido disminuyendo progresivamente (el porcentaje de estaciones de muestreo con valores inferiores a 10 mg/l de DBO ha pasado del 7,7% en 1999 al 2,9% en 2009), sin embargo han aumentado las concentraciones de fósforo y de nitrógeno (en el año 2009 el número de puntos donde la concentración de fósforo fue menor de 25 µg/l ha disminuido a casi la mitad según MARM (2009) y en los que la concentración de nitratos era mayor a 50 mg/l paso de 7 en 2007 a 118 en 2009, Red ICA) (Figura 10.26), lo cual indica que el problema de la contaminación difusa provocada por los fertilizantes suministrados a las tierras de regadío es aún muy alta y su incidencia será cada vez mayor ante la tendencia a disminuir los flujos naturales de agua, y la reducción del área que ocupan los bosques de riberas, limitando su actuación como filtros verdes en el control de los nutrientes, tal como ocurre en Inglaterra, donde los problemas de contaminación difusa afectan a las tierras bajas provocando fenómenos de eutrofización (UK-National Ecosystem Assessment, 2010).

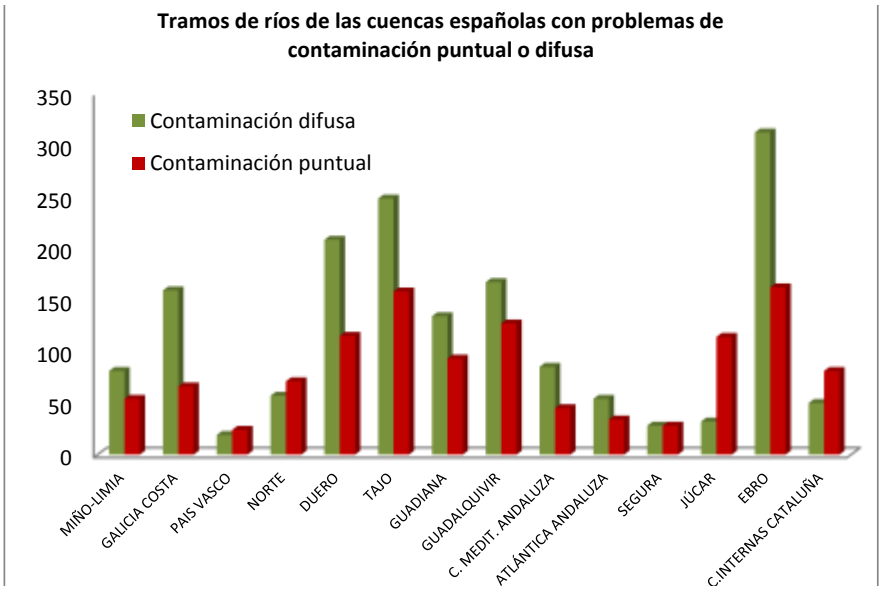

Figura 10.26. Según los estudios realizados por las cuencas hidrológicas españolas para la aplicación de la DMA, del total de tramos de río analizados, el 74% tienen problemas de contaminación. Pero prácticamente en la totalidad de las cuencas, los problemas de contaminación difusa afectan a más ríos que los provocados por vertidos puntuales.

El aumento de la salinidad del agua en muchos **ríos españoles es un "daño colateral" no deseable**. Según los datos de 200 estaciones automáticas de la red SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas) recogidos en 9 cuencas españolas (Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar y Ebro), la conductividad del agua de los ríos está aumentando en los últimos 10 años. Uno de los efectos más importantes de la contaminación orgánica, que no se soluciona con la depuración del agua, es el incremento de la salinidad en del agua tratada. A ello hay que añadir la puesta en regadío de terrenos salinos (tipo margas) que contribuyen a aumentar aún más, por escorrentía, la salinidad del agua drenada a los cauces y el uso de aguas subterráneas salinizadas para regar.

En 15 años la salinidad del agua del Río Segura se ha duplicado. Desde principios de la década de los 80, cuando comienza la expansión del regadío en la cuenca del Segura, hasta el año 1998, la salinidad media del agua, medida en 80 puntos de muestreo del río, paso de 3,0 a 6,4 g/l (Espinosa et al., 2001). Este incremento de salinidad se debe, en buena parte, a la puesta en regadío de grandes extensiones de suelos margosos salinos e incluso solonchaks y saladares (Imagen 10.10), en total unas 285.000 has según Corine Land Cover, es decir aproximadamente el 75% del total del regadío de la cuenca del Segura (Martínez Fernández y Esteve, 2009).

Imagen 10.10. La puesta en regadío de grandes extensiones de suelos margosos salinos ha provocado el aumento de la salinidad en muchos ríos españoles.

La calidad del agua de los ríos españoles se ha recuperado en los últimos 10 años, pero a un coste monetario muy elevado. El incremento de las inversiones del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino junto con la de las Comunidades Autónomas es evidente a lo largo de los años, que ha aumentado en un 224,2% desde el año 1998. En el año 2006 se empleó casi 400 millones de euros en infraestructuras para mejorar la calidad del agua y en el año 2009 casi 500, lo que supone el 41,7% de total de inversiones del Ministerio. Aunque el volumen de aguas tratadas en las depuradoras ha disminuido en los últimos años, el coste de saneamiento y depuración ha aumentado desde el año 1996 cerca de un 64%.(Figura 10.27).

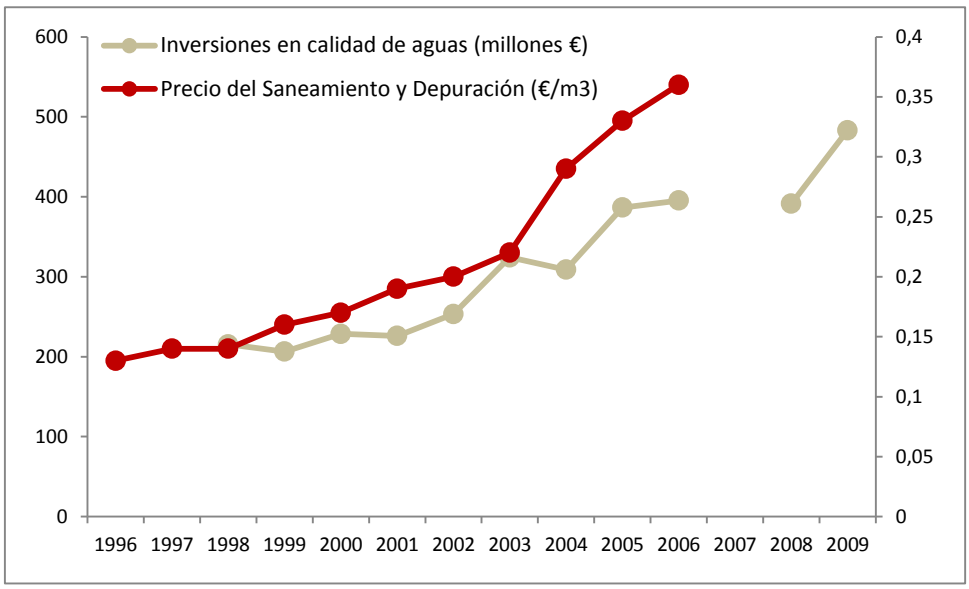

Figura 10.27. El mantenimiento de la calidad del agua de los ríos españoles supone un alto coste económico tanto a las administraciones públicas como a los usuarios. (Elaboración propia con datos extraídos del INE-2010, del Sistema de Indicadores del MARM y de las Memorias del MARM 2008a y 2009).

5.2.3. Regulación morfosedimentaria

Faltan datos para realizar una valoración global de la capacidad reguladora morfosedimentaria de las cuencas hidrológicas españolas, aunque todo parece indicar que los cambios de uso del suelo, y el abandono de los cultivos de secano, están acelerando los procesos de erosión, sobre todo en las cuencas mediterráneas (Avendaño y Cobo, 1997; García Ruiz, y López Bermúdez, 2009). Según el Inventario Nacional de Erosión del Suelos (INES), las Comunidades Autónomas de Murcia, Canarias y La Rioja son las que mayor porcentaje de riesgo de erosión hídrica en cárcavas y barrancos presentan (14,23%, 4,14% y 3,83%, respectivamente).

Los embalses actúan como trampas de suelo, impidiendo su redistribución en las vegas fluviales (Imagen 10.11). En una muestra de 47 embalses localizados en la mayor parte de las cuencas españolas, la mitad de ellos presentan más del 20% de su cubeta colmatada. La cantidad de sedimentos acumulados en 16 embalses de la cuenca del Ebro se estima en 10.873.704 toneladas/año (Sanz Montero, 2002) y en 12 embalses de la del Segura en 2.060.415 toneladas/año (Sanz Montero *et al*., 1998). El retroceso del Delta del Ebro (Duarte, 2009) y la disminución del suelo fértil en muchas vegas fluviales indican la pérdida de capacidad de regulación morfosedimentaria de las cuencas hidrológicas españolas.

Imagen 10.11. Los embalses actúan como trampas de sedimentos, nutrientes y materiales que impiden la fertilización de los suelos de las vegas.

5.2.4. Formación y fertilidad del suelo

Aproximadamente el 6% de la superficie de España son fluvisoles (Corine Europe Soil database version 2. European Environment Agency), los suelos más ricos y fértiles ligados a las llanuras de inundación de los ríos, por lo que tradicionalmente en ellos se han desarrollado las actividades agrícolas más productivas (Imagen 10.12). No obstante, cada vez es mayor su superficie artificializada. En las cuencas del Guadalquivir y Sur, el uso urbano en suelos ribereños de los ríos que atraviesan pueblos y ciudades y los ubicados en la periferia de las aglomeraciones urbanas donde se concentran infraestructuras diversas (polígonos industriales, servicios, etc.), ocupa actualmente una superficie 867 km y 559 km, respectivamente, lo que supone el 6,2% y 10,7% de la longitud total de riberas.

Imagen 10.12. Los suelos de vega, fertilizados de forma natural por los materiales que transportan los ríos, son especialmente aptos para producir alimentos.

La pérdida de fertilidad de los suelos agrícolas está siendo compensada, en parte, con la incorporación de los lodos procedentes de las depuradoras que no son inocuos. Estos lodos aplicados al suelo agrícola no solo aportan nutrientes y materia orgánica, en muchas ocasiones también incorporan metales pesados, alterando la calidad del suelo y la de los productos agrícolas. La cantidad de lodos producidos por las EDAR destinados al uso agrícola ha aumentado desde el 48,2% en el año 1997 al 68,8% en 2008. Esto supone pasar de 332 a 809,5 miles de toneladas de materia seca. La aportación de nitrógeno que ello supone es de 29,3 miles de toneladas en el año 2005 (Figura 10.28).

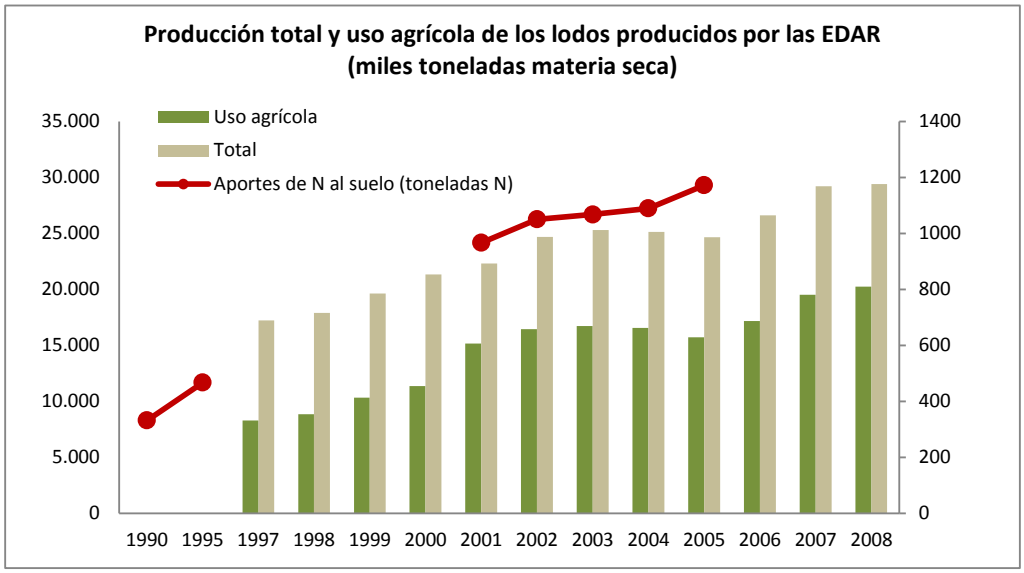

Figura 10.28. Dado que las tierras de cultivo en España ocupan una superficie de 17.981.140 hectáreas (INE, 2003) y que el consumo de fertilizantes nitrogenados en el año 2008 fue de 0,0924 toneladas/ha, supone un consumo total de 16.614.573,3 toneladas de fertilizantes nitrogenados. Como el aporte de N procedentes de los lodos de las EDAR en el año 2005 fue de 20.302 toneladas, ello supone el 0,18% del total consumido en España.

(Elaboración propia con datos extraídos del Informe Inventarios GEI 1990-2005 (marzo 2007) y del Registro Nacional de Lodos (http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/pdf/RESLodos.pdf).

5.2.5. Regulación de las perturbaciones naturales

Las avenidas y las sequías son fenómenos hidrológicos naturales en las cuencas españolas, como lo demuestra la cantidad de eventos de este tipo datados desde tiempos históricos (Imagen 10.13). Desde principios del siglo XIV hasta mediados del XX, se tiene registro de un total de 410 avenidas extraordinarias en las ramblas litorales de Cataluña, 117 en el Río Ter, 109 en el Río Llobregat, 103 en el Río Guadalquivir y 98 en el Río Segura (Barriendos y Rodrigo, 2006) y durante el siglo XX, al menos se contabilizan 10 periodos de sequía (MARM, 2008) (Figura 10.29). Las cuencas mediterráneas son las que, con mayor frecuencia las padecen, y es precisamente en ellas donde los servicios de regulación de amortiguación de las perturbaciones se encuentran más mermados. El estado de conservación de las riberas fluviales es un indicador de la capacidad de amortiguación de las avenidas de agua. Los datos proporcionados por el proyecto de GUADALMED (Suárez *et al.*, 2002) indican que más del 45% de los puntos estudiados presentan un estado de conservación malo o pésimo.

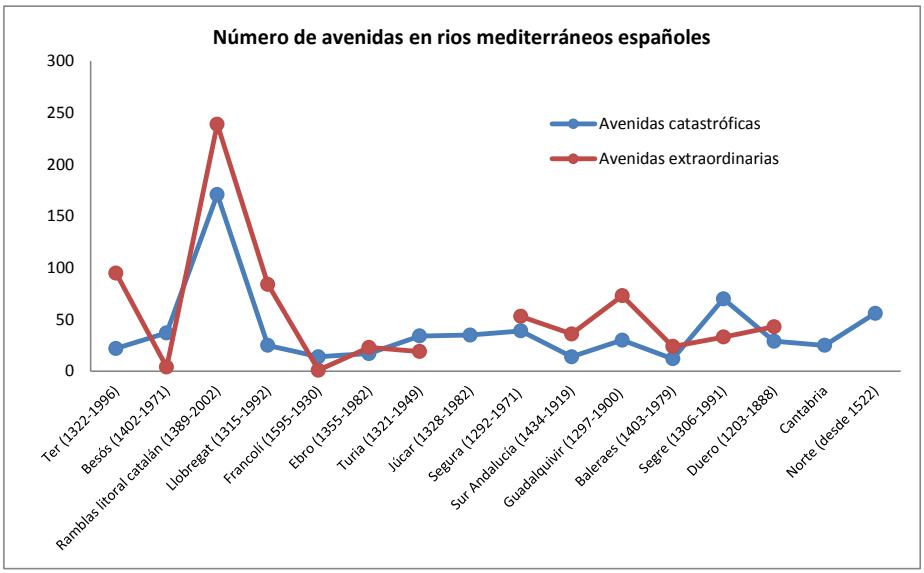

Figura 10.29. Las avenidas de agua forman parte de la dinámica hidrológica natural de los ríos, y las cuencas mediterráneas son más propensas a padecerlas. (Elaboración propia con datos extraídos de Barriendos y Rodrigo, 2006).

Imagen 10.13. Las avenidas de agua son fenómenos hidrológicos naturales especialmente frecuentes en las cuencas mediterráneas.

La frecuencia e intensidad de las avenidas de agua siempre están potenciadas por cambios en el uso del suelo. El aumento de la superficie artificializada en España (un 2% actualmente) incrementa la escorrentía y con ello la intensidad de los efectos de las avenidas e impide la infiltración del agua y la recarga de los acuíferos. En la cuenca del Segura el número de avenidas ha ido aumentando cada vez que ocurría un proceso de deforestación como los provocados por las dos desamortizaciones históricas que tuvieron lugar a mitad de siglo XVII y entre los siglos XVIII y XIX, o tras el abandono de las tierras de cultivo a principios del siglo XX (Figura 10.30).

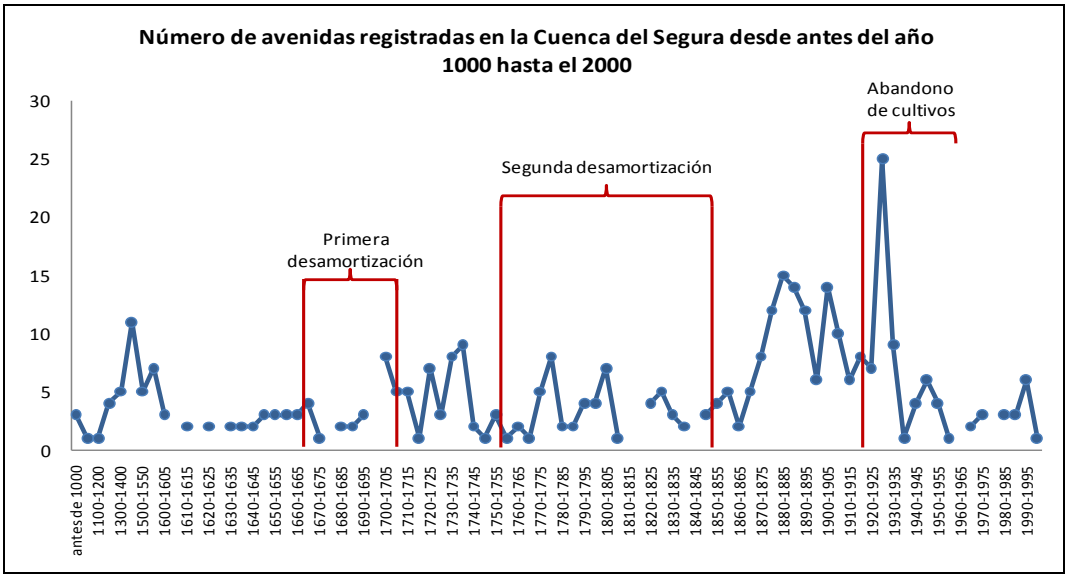

Figura 10.30. Evolución del número de avenidas en la cuenca del Segura desde el año 826 hasta el 2000. Tras los grandes cambios de uso del suelo a lo largo de la historia se aprecia como aumenta el número y frecuencia de las avenidas como consecuencia de la pérdida del servicio de regulación relacionado con la amortiguación de las perturbaciones. (Elaboración propia con datos de Bautista, 1989).

Frente a las avenidas de agua las soluciones dadas por la administración siempre son estructurales. Desde finales del siglo XIX presas, canalizaciones y encauzamientos han sido las actuaciones llevadas a cabo en la Cuenca del Segura para "solucionar" los efectos catastróficos de las inundaciones, lo cual no se ha conseguido. Por el contrario, estas actuaciones han supuesto la pérdida de capacidad del río y su ribera para amortiguar las avenidas de agua, la disminución del suelo aluvial y del servicio de autodepuración del agua al impedir el intercambio con las riberas, además del elevado coste económico que han supuesto. A manera de ejemplo, el Plan de Defensa contra las Avenidas del Segura (1987), ha costado un total de 700 millones de euros (http://www.bajo-segura.com/vega_baja_segura/chs_confederacion_segura_avenidas_191007.htm) y se ha tardado más de 20 años en ejecutar.

año	Actuaciones frente a las Avenidas en la Cuenca del Segura
1879	I Plan de defensa: regulación del río con embalses y canalizaciones
1884	Reconstrucción presa de Puentes
1897	Recrecimiento presa de Valdeinfierno. Presa del Paretón y canal de derivación. Nuevo impulso al I Plan de defensa
1916	Presa del Alfonso XIII. Quipar
1918	Presa del Talave
1929	Presa de La Cierva
1933	Presa de La Fuensanta
1950	Ampliación del Canal del Paretón
1953	Ampliación del canal de El Reguerón
1960	Presa del Cenajo y Presa de Camarillas
1966	Presa de Santomera
1987	Plan de defensa de avenidas (23 actuaciones de urgencia: 12 presas, recrecimiento presa La Cierva, canal Argos-Quípar, ampliación canal del Paretón, encauzamientos del Reguerón, Rambla de Minateda y Río Segura hasta su desembocadura)

Las pérdidas provocadas por avenidas y sequias incluyen además de costes económicos, vidas humanas. El número de muertes provocadas por los efectos de las avenidas y sequias no es despreciable. Entre los años 1995 y 2009 murieron en España 268 personas por las inundaciones y 102 por golpes de calor. Las estadísticas del Consorcio de Compensación de Seguros indican que desde el año 1971 hasta el 2008, el total de indemnizaciones por pérdida de bienes fue de 3.886.141.957 € y por víctimas humanas de 3.885.987 € (Figura 10.31).

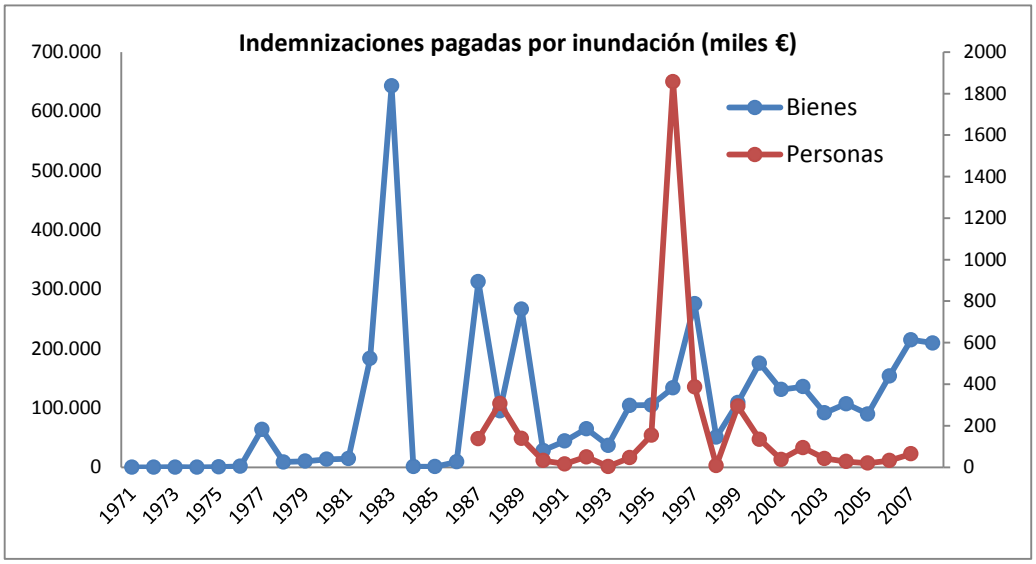

Figura 10.31. Hay una relación directa entre los picos observados en la gráfica y las grandes inundaciones de los años 1983 y 1996 que afectaron a buena parte de los ríos mediterráneos españoles. (Elaboración propia con datos extraídos del Consorcio de Compensación de Seguros: (http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re_ere))

La pérdida del servicio de regulación de las perturbaciones naturales supone un alto coste en términos monetarios. Entre los años 2004 a 2010, la inversión pública (MARM y Confederaciones Hidrográficas) total en paliar los efectos de las sequías fue de 818,263 millones de euros, y en los de las inundaciones de 190,305 millones de euros. En el caso de las sequías, entre los años 2004-07, el MMARM invirtió un total de 652,529 millones de euros (MARM, 2008) y el año 2009 un total de 47,372 millones de euros (MARM, 2010). En el año 2009 las administraciones públicas invirtieron un total de 80.278 millones de euros en paliar los efectos de las riadas y las tormentas y 47.371 millones de euros en las sequías (casi un 11% del total de las inversiones del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino). Según el trabajo de Martínez-Cachá (2004), las pérdidas en términos económicos y en jornales de la sequía acaecida entre 1991-1995 en el sureste español, supusieron un total de 330.622.769 € y 8.413.574 jornales. Murcia y Valencia fueron las provincias más afectadas.

5.2.6. Control biológico

El número de especies introducidas e invasoras en ríos y riberas españoles afecta a todos los grupos de organismos. El 32% del total de especies de vertebrados de los ríos españoles son introducidas. Los peces son los que presentan mayor número de especies invasoras o exóticas (27) (Figura 10.32). No se conocen aún muchas de las especies de invertebrados introducidas, aunque si aquellas que están produciendo daños en algún sistema productivo como el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), la almeja asiática (*Corbicula fluminea*), el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) (Imagen 10.14) o el cangrejo señal (*Pacifastacus leniusculus*). Según el estudio de Doadrio y Aldeguer (2007), el total de especies de flora introducida en las riberas españolas es de 120, siendo las herbáceas el que mayor número presenta (62 especies). Entre las acuáticas destacar al Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) y al helechito de agua (*Azolla filicularis*). Todas ellas tienen consecuencias importantes, incluso dramáticas, sobre los ríos y riberas alterando los ciclos vitales de las especies nativas con las que coexisten e incluso provocando su desaparición (Vilá, *et al.*, 2008).

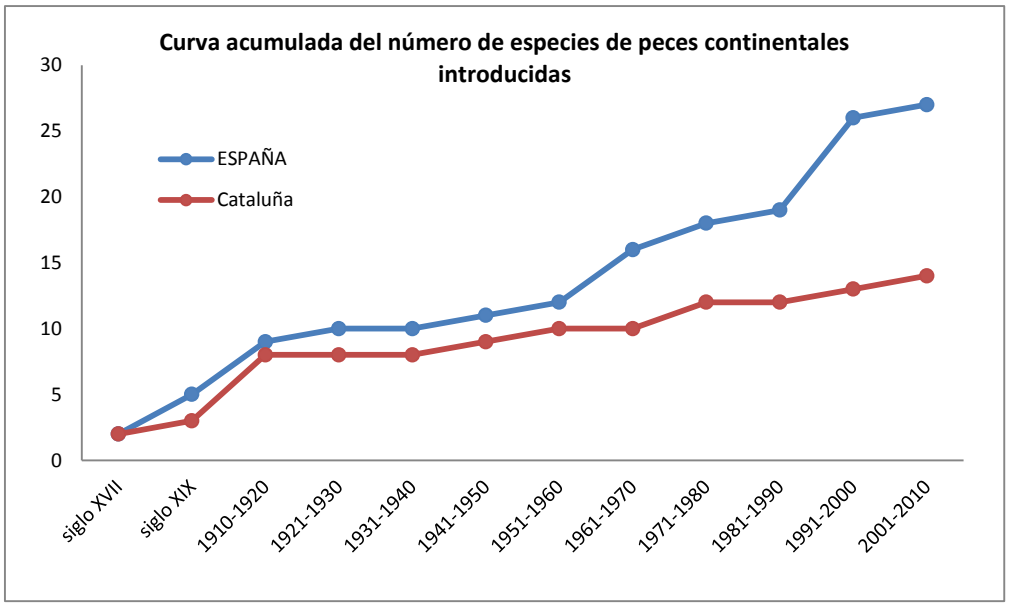

Figura 10.32. Se conoce bastante bien la evolución de las introducciones de peces continentales en España (Elvira y Almodóvar, 2001) y en algunas Comunidades Autónomas como Cataluña (Maceda-Veiga *et al.*, 2010) que ha seguido una progresión creciente, a pesar de que actualmente su introducción en los ríos españoles constituye un delito ecológico.

Imagen 10.14. El cangrejo rojo americano es una de las especies invasoras que más han contribuido a alterar los ecosistemas acuáticos continentales (GEIB, 2006).

La erradicación de las especies invasoras supone un alto coste económico, mucho más del que se emplea en conservación de las especies autóctonas. En la cuenca del Ebro se llevan empleados más de 13 millones de euros, del total de más de 90 millones presupuestados para erradicar al mejillón cebra (http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=11981yidMenu=2548). El Plan Andaluz para el control de las especies invasoras exóticas, contempla el tratamiento para un total de 44 especies invasores, de las que 4 son invertebrados acuáticos continentales (cangrejo chino, cangrejo señal, cangrejo americano y mejillón cebra), 4 peces de aguas continentales (carpa, gambusia, pez rojo y siluro), un anfibio (rana toro) y 2 reptiles (galápago de Florida y tortuga china), con un presupuesto inicial de 2 millones de euros (Junta de Andalucía, 2004). Entre las invasoras vegetales, en el jacinto de agua la cuenca del Guadiana, lleva invertido casi 15 millones de euros y en el helecho de agua más de un millón (Andreu *et al.*, 2009). En la Cuenca del Segura, un proyecto reciente para recuperar las riberas y extraer la caña, estima que tratar unos 1.790 m^2, costaría 31.298 euros.

5.3. Servicios culturales

5.3.1. Conocimiento científico

A pesar de que cada vez es mayor el conocimiento sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas acuáticos, la toma de decisiones sobre su gestión se hace a nivel político y por los sectores privados con claros intereses económicos (UNESCO, 2009). Según datos de *google-earth*, el número de artículos y documentos que hacen referencia a los servicios de los ecosistemas acuáticos en España, ha aumentado en 34 veces desde el año 1992. De igual manera, desde el año 1984 hasta 2009, la Revista de las Asociación Ibérica de Limnología (Limnética) ha publicado un total de 261 artículos científicos relativos a ríos y riberas (una media de 10 artículos por año), y datos procedentes de las bases de datos del CEDEX, DIALNET y Ministerio de Educación, indican que el número de congresos científicos con participación de científicos españoles, de másteres, programas de doctorado, cursos de especialización y cursos de formación y Tesis Doctorales defendidas en España relacionadas con el agua y los ecosistemas acuáticos, se ha incrementado de forma significativa (Figura 10.33). Lo cual contrasta con la composición de los organismos públicos que gestionan el agua, como los Consejos del Agua Nacional (75,5% políticos, 13% sectores económicos y 10% técnicos, ecologistas e investigadores) y de las Confederaciones Hidrográficas españolas (en la cuenca del Ebro el 55,8% son políticos, el 33,7% pertenecen a los sectores económicos y el 2,3% a grupos ecologistas).

No siempre el aumento en el conocimiento sirve para gestionar mejor los ecosistemas acuáticos, en parte por los objetivos de investigación que se plantean. Hoy día se realizan muchos esfuerzos y se invierte mucho dinero en aspectos aplicados de la investigación aplicada. Tal es el caso de gran la cantidad de trabajos relativos a la aplicación de la DMA que actualmente rellena buena parte de las revistas científicas europeas. Es necesario ampliar el campo de investigación dentro del marco de la ecohidrología, priorizando el análisis de las interacciones hombre-naturaleza. Las líneas de investigación futuras deberían ir encaminadas a analizar las estrechas relaciones que existen entre los ecosistemas acuáticos y sus cuencas, e indagar sobre técnicas innovadoras que contribuyan a un aprovechamiento más sostenible de los servicios que proporcionan ríos y riberas.

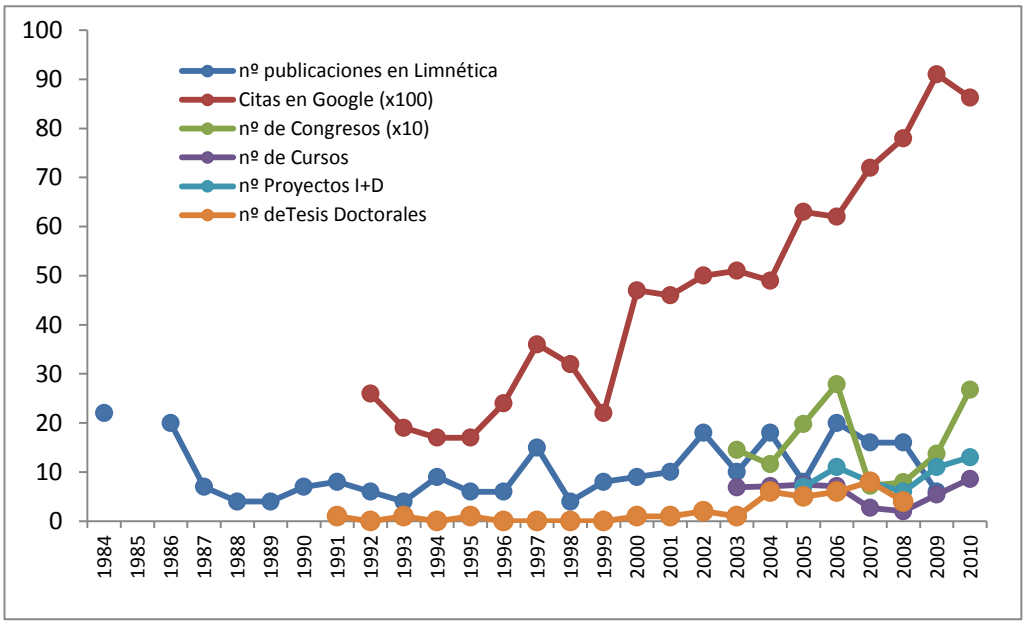

Figura 10.33. El aumento en el conocimiento sobre la estructura, funcionamiento y dinámica de los ríos y riberas españoles debería ser utilizado para gestionar mejor los ríos y las riberas españoles. (Elaboración propia con datos extraídos de *google-earth*, y bases de datos del CEDEX: http://hispagua.cedex.es/, Ministerio de Educación: https://cv.mec.es/tramites_audiencia_2010/ctm_tecno_listado.htm, Asociación Ibérica de Limnología: http://www.limnetica.com/listado.html y DIALNET).

5.3.2. Conocimiento ecológico local

El saber popular basado en la experiencia del uso y disfrute de los muchos servicios que generan los ríos y riberas españoles, es un legado hoy día en desuso (Imagen 10.15). Según las conclusiones del VII Congreso Internacional de Molinología, celebrado en Zamora en marzo de 2010 (http://www.molinosacem.com/), de los 22.000 molinos de agua, serrerías hidráulicas, trujales y batanes censados por Pascual Madoz en el siglo XIX, solo una décima parte (unos 2.000) se conservan en la actualidad. Andalucía es la Comunidad Autónoma que conserva un mayor número de molinos tradicionales. Estos sistemas hidráulicos constituyen la manifestación más importante de la capacidad del hombre para aprovechar el agua y/o su energía en las distintas fases del ciclo hidrológico (Tabla 10.5) (Imagen 10.15).

Tabla 10.5. Los artilugios y sistemas hidráulicos constituyen, además de un rico catálogo arquitectónico, un modelo del uso sostenible del agua acoplado al ciclo hidrológico. Así los aljibes acumulaban agua de lluvia para abastecimiento humano, las cortas y boqueras aprovechaban el agua de escorrentía y de avenida, con cigüeñales, cimbras, minas, aceñas y sobre todo con los qanats se extraía y aprovechaba el agua subterránea. Batanes, molinos y norias usaban la fuerza del agua para moler, o subir el agua a cotas donde aumentar la superficie regable. (Cressier, 1995; Pérez Picazo, 1995; Varios autores, 2008).

artilugios y sistemas hidráulicos	descripción	utilidad
aceña o noria de sangre	rueda horizontal movida por animales	extraer agua del subsuelo
alberca	depósito artificial para acumular agua con distintos propósitos	acumular agua
aljibe	depósito destinado a guardar agua potable procedente de la lluvia	acumular agua
azud	dique de tierra de poca altura, oblicuo al río	retener y extraer agua del río
batán	máquina impulsada por la fuerza de una corriente de agua que mueve una rueda hidráulica	compactar tejidos muy abiertos
boquera	dique provisionales de tierra y ramas para derivar las aguas de avenidas	derivar agua para regar el secano, o para uso domestico o ganadero
cigüeñal	adaptado a pozos sobre acuíferos poco profundos en ramblas	extraer agua del subálveo
cimbra	trinchera de escasa pendiente practicada en lechos de ríos y fondo de ramblas cuya cabecera penetra en el acuífero	extraer agua del acuífero
corta	captación de pequeño tamaño, a veces un simple surco en la tierra, que deriva las aguas de escorrentía hacia una zona de almacenamiento o directamente sobre los cultivos	derivar agua para regar
mina	galería de drenaje de un acuífero	extraer agua del acuífero
molino de agua	rueda motriz movida por el agua que hacia girar un eje vertical sobre una dura superficie de piedra que les servía de base y en la cual se molían distintos tipos de grano	usar la fuerza del agua para moler harina, prensar aceite, etc
molinos de cubo	el agua cae desde arriba y llena el receptáculo para conseguir el movimiento	usar la fuerza del agua para moler harina, prensar aceite, etc
noria	rueda hidráulica que transporta una hilera de recipientes (cangilones), que con el movimiento se llenan de agua, la elevan y la depositan en un canal que la distribuye.	elevar el agua para aumentar la superficie regable
qanat	sistema complejo que consta de: cabecera de la galería, pozo madre y galería de conducción del agua	extraer agua del acuífero

Imagen 10.15. Los molinos de agua junto con otros muchos artilugios hidráulicos forman parte del rico catálogo que España posee como testigo histórico del saber usar de manera sostenible uno de los servicios que proporcionan los ríos y que habría que poner en valor.

Muchos oficios del agua están directamente relacionados con servicios de abastecimiento como alimentos, energía, agua dulce, materiales primas de origen mineral que ríos y riberas proporcionaban (Tabla 10.6) (Imagen 10.16). Todos ellos han desaparecido en la actualidad, sin embargo muchos son rememorados anualmente en fiestas locales como un homenaje a las personas y un modo de vida particular. Tal es el caso de las maderadas que son emuladas en ríos pirenaicos (http://www.pirineo.com/especiales/costumbres-y-tradiciones-del-pirineo/descenso-navatas-rio-cinca-laspuna-ainsa), en ríos de la cabecera del Segura (http://www.diarioinformacion.com/vega-baja/2010/09/13/maderada-llegaba-orihuela/1043793.html) o en el Valle del Roncal (http://www.almadiasdenavarra.com/).

Tabla 10.6. Los oficios del agua ya desaparecidos, constituyen la manifestación más oriunda de cómo el hombre aprovechaba los servicios que generaban los ríos y sus riberas de una manera sostenible.

(1= Fernández, 1995; 2 =http://www.gancheros.com/index.php?option=com_contentyview=articleyid=7yItemid=20; 3 = www.bolanosdecalatrava.es; 4 = http://www.oficiostradicionales.net/es/urbanos/lavanderas/lavanderas.asp; 5 = http://www.facebook.com/group.php?gid=50593464764; 6 = http://www.hoy.es/20080504/plasencia/muestra-oficios-agua-rescata-20080504.html; 7 = http://zaragozame.com/2008/09/05/el-agua-en-las-leyendas-y-tradiciones-de-aragon; 8 = Rabal, 2008).

oficios	descripción	Referencia bibliográfica
aguadores	recogían agua y la distribuían entre la población urbana	1
areneros	recogían arena de los bancos depositados por las crecidas de los ríos	1, 6
barqueros	transportaban personas, animales y enseres en barcas de madera de fondo plano	7
cañeros	encargado de la conservación y buen estado de la cañería que abastecía de agua la ciudad	6
esportilleros	transportaban en sus pollinos a mujeres de una orilla del rio a la otra	1
gancheros (Cuenca)	arrastraban los troncos cortados al rio para su transporte	2
hojalatero	fabricaban cangilones de chapa y mallas de hierro para sacar agua de los pozos	3
lavanderas	lavaban, soleaban y secaban la ropa	1, 4, 6
molineros	molían distintos materiales en molinos de agua	6
muñidores	encargado de repartir el agua para regar en una zona de Murcia	8
navateros (Pirineos)	transportaban troncos de madera por los ríos del Pirineo	5
pescaderos de red	vivían todo el año de la pesca del río	6
poceros	hacían pozos en la tierra hasta encontrar agua	3
recolectores de hierbas de riberas	recolectaban juncos y otras plantas	1

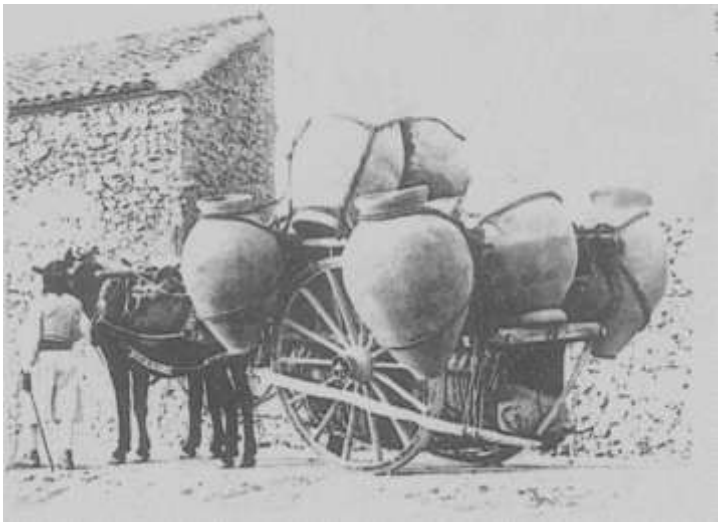

Imagen 10.16. Los aguadores recogían agua de fuentes y manantiales y la distribuían en las poblaciones urbanas.

Muchas plantas de los ríos y riberas españoles se usaban y, en las poblaciones rurales aún se usan, por su valor culinario, terapéutico o como materiales de construcción. Muchas de ellas se utilizan también para elaborar utensilios para la caza, la pesca o simplemente para su uso lúdico, como en ornamentación, para producir tintes, etc. (Tabla 10.7). Parte del conocimiento de estas plantas se está recuperando, por su valor terapéutico para su uso en medicina naturista, o como materiales para artesanías como la cestería o poniendo en valor su calidad en la alimentación (las setas que crecen en tocones del almez, chopos, olmos y sauces, son muy demandadas en la actualidad).

Además de las plantas de ríos y riberas, algunos animales eran y son utilizados en medicina alternativa, como el caso de las sanguijuelas (para sangrías) que hoy se usan para la reducción de hematomas o como activadores del flujo de sangre tras intervenciones de implante de piel (Andreu *et al.*, 2001). Igualmente, ciertas propiedades del agua y de los sedimentos de los cauces eran y siguen siendo utilizadas con fines terapéuticos (Imagen 10.17). Por ejemplo, las aguas termales son cada vez más utilizadas para paliar problemas de huesos y piel. Así mismo los lodos de ríos, arroyos y ramblas salinas son aplicados a la piel por sus propiedades terapéuticas. Tal es el caso de los baños de lodos que aún se toman en verano en Rambla Salada de Fortuna (Murcia) (Suárez *et al.*, 1996).

Imagen 10.17. Muchas propiedades del agua y de los sedimentos de los cauces eran y siguen siendo utilizadas con fines terapéuticos, como los baños de lodo y las aguas termales.

Tabla 10.7. Muchas plantas de ríos y riberas se usaban, y aún se usan en alimentación, con fines terapéuticos, como materiales para construcción, etc. Hoy día, sin embargo, los problemas de contaminación orgánica y la disminución de caudales en los ríos han hecho aumentar los tramos de aguas más lentas en las que se acumula materia orgánica y se favorece el desarrollo de comunidades de organismos, como los moluscos del género *Lymnaea*, que trasmiten la duela del hígado (*Fasciola hepática*) (Rivera *et al.*, 2006).

(1 = http://fichas.infojardin.com/condimentos/nasturtium-officinale-berro-mastuerzo-agua-acuatico.htm; 2 = Fajardo, *et al.*, 2000; 3 = Rivera *et al.*, 2006; 4 = Fernández, 1995; 5 = Verde *et al.*, 1998; 6 = González, 1995; 7 = Andreu *et al.*, 2001).

		Usos de las plantas de ríos y riberas españoles				
nombre vulgar	**nombre científico**	**curativos**	**culinarios**	**construcción, herramientas, cestería**	**otros**	**referencia**
álamo	*Populus nigra*			Construcción	gambuyeras (ramas pequeñas para leña). Corteza alimento del ganado	2, 5, 6
almez	*Celtis australis*		Frutos. licor macerando anís dulce			3
anea	*Typha sp.*			escobas finas	Cohetes para fuegos artificiales. Ornamentales	2, 5, 7
apio	*Apium nodiflorum*	Facilita la digestión. Dolores estómago	ensaladas			2, 3, 7
baladre	*Nerium oleander*	Sarna. Uso veterinario. Antiparasitario y repelente de insectos			con las cenizas se fabrica lejía	2, 5
berro	*Rorippa nasturtium-aquaticum*		ensalada, sopas, las semillas se usan para elaborar mostazas			1, 2, 3, 5
caña	*Arundo donax*	Almorranas. Mal de la próstata. Uso veterinario (entablillar huesos rotos)	Endurecedor de aceitunas. Elaboración de hojuelas, dulce tradicional de Semana Santa	Tejados, tabiques, vallados, sombreados. Cestería. Celosías, escobas	Caballones para evitar salidas del río. Caza; soporte para la liga. Cañas de pescar. Pipas para fumar.	2, 5, 6
carrizo	*Phragmites australis*	Baja la fiebre, diurético y combate la artritis. Protección a mosquitos		coberturas de tejados		2, 5, 7
chopo	*Populus sp*	Efectos balsámicos en enfermedades respiratorias. Efectos diuréticos		Construcción. Varas para el ganado		2, 5, 7
cola de caballo	*Equisetum ramosissimun*	Estrías y arrugas. Diurética. Infecciones vaginales y hepáticas. Loción para la piel				2, 5, 7
culantrillo	*Adiantumcapillus-veneris*	Astringente. Bronquitis y faringitis. Abortiva. Amenorrea. Dismenorrea				2, 7
escaramujo	*Rosa sp.*	Astringente. Catarros.	Brotes tiernos crudos. Los frutos en mermelada o licores			3, 5
fresno	*Fraxinus angustifolia*			Construcción, muebles. Aperos agrícolas		2, 5
junco	*Scirpu sholoschoenus*	Verrugas. Astringente. Tos. Uso veterinario (mal de la orina)		cortinas	Ensartar churros y porras. Pesca truchas y cangrejos. Caza,soporte liga	2, 4, 5
levas	*Cladophora sp.*	Digestiva. Dolores de estómago				2
mastranzo	*Mentha suaveolens*	Digestiva. Tos. Ronqueras y afonías. Repelente pulgas y piojuelo de gallinas				2, 5
menta	*Mentha sp.*	Estimulante, digestiva y hepática. Parásitos intestinales				7
menta	*Mentha piperita*	resfriado de nariz	andrajos, caracoles, guisados y postres			2, 5
mimbres	*Salix* sp.			cestos y canastas triperos, paneras	asegurar riberas para evitar el desbordamiento de los ríos	2, 5, 6
nenúfar	*Nymphaea alba*	insomnio y calmante nervioso				7
olmo	*Ulmus minor*			Vigas, tajones (tacos de partir carne). Aperos agrícolas		2, 5
rosa silvestre	*Rosa micrantha*	Ojos irritados. Encías sangrantes				5
té de río	*Mentha aquatica*	Digestiva. Dolores de estómago				2
zarzamora	*Rubus ulmifolius*	Astringente. Tos. Diabetes	ensaladas, mermeladas, aguardientes		Tintes negro y morado. Cebos pescar barbos: frutos. Hojas fumables.	2, 3, 5, 7

5.3.3. Identidad cultural y sentido de pertenencia

Se está perdiendo el saber popular sobre el uso de muchos servicios de los ríos y riberas, que prácticamente han quedado relegados a la memoria de los habitantes de las poblaciones rurales más aisladas. No obstante, existe un creciente interés por parte de la población urbana en recuperar parte de este patrimonio, como legado cultural y sello de identidad.

Buena parte de la experiencia del ser humano con el agua de los ecosistemas, está incorporada al saber popular a través de refranes, ritos, vocablos, fiestas, etc., y de maneras de ordenar y organizar los usos del agua (Figura 10.34). Prácticamente cada actividad relacionada con los bienes o servicios que proporcionan ríos y riberas, en cada región de España con entidad propia, ha generado un rico patrimonio que difícilmente se puede recoger de forma sintética. Esta extraordinaria diversidad cultural muchas veces es trasmitida de forma oral, un patrimonio que, de no prestarle atención, se irá perdiendo irremediablemente, más aún cuando los auténticos depositarios de este rico patrimonio cultural son las poblaciones rurales, cada vez más envejecidas.

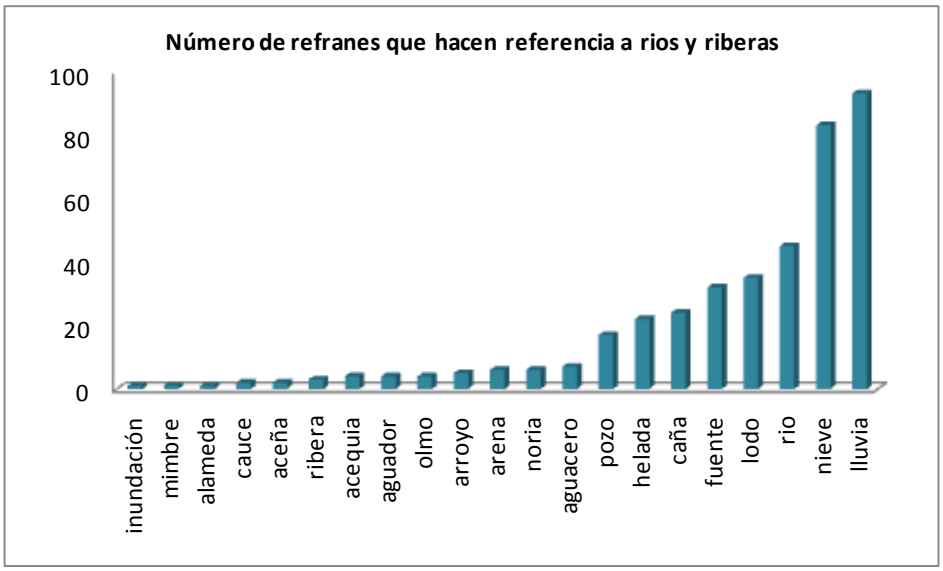

Figura 10.34. Del total de 40.000 refranes recogidos en el refranero español (http://personales.ya.com/refranero/principal.htm), más del 2% incluyen referencias a las distintas fases del ciclo del agua (lluvia, aguacero nieve, inundaciones, etc.), a los tipos de ecosistemas acuáticos (ríos, arroyos, fuentes, etc.), y servicios que proporcionan (arena, plantas de ribera, etc.), oficios (aguadores), o sistemas y artilugios hidráulicos para el uso del agua (noria, aceña, acequia, etc.).

A manera de ejemplo se recogen los vocablos generados por dos servicios de ríos y riberas: las maderadas y el sistema de regadío de la Huerta de Murcia. El sistema de regadío de la Huerta de Murcia aún persiste en la actualidad con un rico patrimonio cultural y lingüístico asociado a un modo del uso del agua para regar. Los modos y costumbres del uso de estos servicios se acoplaban a los ritmos de la naturaleza y con ello, se conservaban en buen estado.

Las maderadas consistían en el transporte de madera utilizando la energía del agua. Persistieron hasta mediados del siglo XX y hoy día son rememoradas en distintos ríos españoles a manera de fiestas populares. Este oficio nos ha dejado un rico patrimonio lingüístico.

LAS MADERADAS	
Vocablo	**descripción**
armadía o almadía	troncos trabados a modo de grandes planchas
maestro de río	dirigía a las cuadrillas de gancheros
ganchero	conducían los troncos de madera a lo largo del río
delantera	grupos de gancheros encargados de abrir camino acometiendo verdaderas obras de ingeniería con los propios troncos especialmente en las cabeceras de los ríos
centro	grueso principal de la maderada. El trabajo de los gancheros consistía en evitar que los troncos se trabaran
zaga	encargada de desmontar las construcciones realizadas por la delantera
tabladas	construcciones con 8 o 10 maderos formando un plano para superar pequeñas presas y obstáculos de importancia.
asnao	obra utilizada para retener la maderada cuando era necesario
ganchos o bicheros	artilugio para manipular los troncos
anadones	maderas que no flotaban
aguaderos	puntos de entrada de los troncos al río

Prácticamente todos los servicios que proporcionan ríos y riberas son recogidos en forma de dichos y frases singulares en el refranero español.

servicios de abastecimiento	**Refranes**
alimentos	* Con el tiempo y una **caña**, a pescar.
agua dulce	* **Aguador**es y taberneros, del agua hacen dineros. * **Agua** corriente no mata a la gente. * Donde hay juncos hay **agua** junto.
materias primas de origen biológico	* Quien hace un cesto hace ciento, si tiene **mimbre**s y tiempo.
materias primas de origen mineral	* Salió del **lodo** y cayó en el arroyo.
energías renovables	* **Noria** no usada, noria arruinada. * **Agua** estancada no mueve molino.
servicios de regulación	
regulación climática local	* **Lluvia**s en marzo, hierba en los sembrados.
regulación hídrica	* **Agua** estancada, agua envenenada.
regulación morfosedimentaria	* Lo que **el río** lleva en la crecida no es todo agua limpia. * Si el **río** suena, es porque piedras trae
regulación de las perturbaciones naturales	* Septiembre o seca **los ríos** o se lleva los puentes. * Ni hagas huerta en sombrío, ni edificio junto **al río**.
formación y fertilidad del suelo	* **Agua**, barro y basura, crían buena verdura.
servicios culturales	
conocimiento ecológico local	* Golondrina en bajo vuelo, anuncia **lluvia** en el cielo. * **Agua** al higo y a la pera vino.
disfrute espiritual y religioso	* Por San Vicente, salta el **agua** de las fuentes. (22 de Enero) *Algo tendrá el agua cuando la bendicen
identidad cultural y sentido de pertenencia	* Al sudado, el **agua** fría a un lado.
Paisaje-disfrute estético	* No hay primavera sin flores, ni verano sin calores, ni otoño sin racimos, ni inviernos sin **nieve**s ni fríos.
educación ambiental	* **Agua** que no has de beber déjala correr. * Ranas que cantan, el agua cerca; si no del cielo, de la tierra.

Las dos organizaciones jurídicas más antiguas de Europa que regulan los usos del agua se encuentran en España y han sido declaradas Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad. El *Tribunal de las Aguas de Valencia* (Imagen 10.18) y El *Consejo de los Hombre Buenos de la Huerta de Murcia* son instituciones de origen islámico encargadas de impartir justicia en el seno de las comunidades de regantes tradicionales de las huertas de Valencia y de Murcia. Ambos están formados por agricultores elegidos democráticamente. En estas cortes se dirimen los conflictos sobre el agua entre regantes de manera oral, rápida, económica, pública e imparcial. Las sentencias son acatadas por el respeto que poseen ambos tribunales y el reconocimiento de los jueces-agricultores como personas honradas, conocedoras de los usos y costumbres y ecuánimes en su procedimiento.

Imagen 10.18. El Tribunal de Aguas de Valencia se encarga de resolver los conflictos por el agua entre los regantes de las huertas de Valencia. (Foto extraída de http://www.tribunaldelasaguas.com/fotos/visitas/1960007.jpg)

5.3.4. Disfrute espiritual y religioso

En España, buena parte de los pueblos ubicados en los alrededores de ecosistemas acuáticos han desarrollado profundos valores espirituales y religiosos en torno al agua. Estos valores se manifiestan en ritos, creencias, y cultos religiosos que se expresa en festejos, lugares, refranes, etc. (Figura 10.35). Los benefactores de estos valores son generalmente poblaciones rurales pequeñas, con lo que su valoración a escala de cuenca, e incluso subcuencas, es prácticamente imposible. Sin embargo, su valor en cuanto al papel que juegan en la conservación de ríos, arroyos, fuentes, o paisajes ribereños, es muy alta, dado que el carácter sagrado que se asigna a muchos de estos pequeños ecosistemas acuáticos es suficiente para mantenerlos y conservarlos para las generaciones futuras.

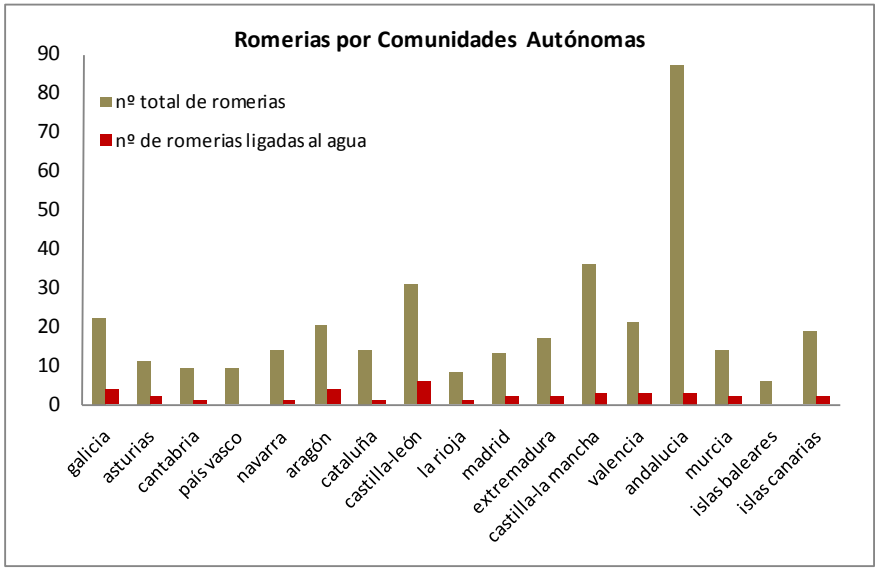

Figura 10.35. En España se celebran un total de 351 romerías al año, de la cuales más de un 10% (37) son en conmemoración de algún evento relacionado con el agua (milagros de curación de enfermos tras beber agua de una fuente, lluvias tras una rogativa a una virgen, etc.). Andalucía es la Comunidad Autónoma donde más romerías se realizan al año (87). (http://www.lasromerias.com/pages/map.htm). Su carácter masivo y lúdico-festivo que están adquiriendo en la actualidad, están poniendo en peligro el papel que jugaban en la conservación de los pequeños ríos, arroyos o fuentes ligados a estos eventos.

Ritos y remedios siguen siendo utilizados por muchas poblaciones rurales de España basados en la creencia del poder curativo, bondadoso o maléfico de algunos componentes naturales, como es el caso del agua, que es utilizada en muchos ritos para la curación de enfermedades (Imagen 10.19). Igual consideración tienen las plantas y entre ellas las de ribera juegan un papel importante en ritos curativos, amorosos, festivos y religiosos. La siguiente Tabla 10.8, recoge algunos ejemplos de los múltiples que hay en España.

Tabla 10.8. Los ritos y creencias de muchas poblaciones rurales, están jugando un papel importante en la conservación de pequeños ecosistemas acuáticos. (1 = Fernández, 1995; 2 = Caro, 2008; 3 = Verde, *et al.*, 1997; 1998).

Remedios populares				
Rito			**lugar**	**referencia**
El día de la Cruz de mayo, se bañaba la Cruz en agua y se creía que sanaban los niños que luego se sumergían en ella.			Villanueva del Segura (Murcia)	2
Para curarse de ictericia es bueno ver correr el agua			Villanueva del Segura (Murcia)	2
Con la bendición de San Blas y el agua de Santa Polonia tendrás la garganta buena sin tener que ir a Roma			Madrid	1
Rituales con plantas de ribera				
nombre común	**nombre científico**	**objetivo**	**rito**	**referencia**
zarza	*Rubusulmifolius*	curar hernias	Se pasa de un lado a otro a un niño sobre una zarza al tiempo que se dice:"Pásamelo Juan tómalo Juana, enfermo telo doy, sano me lo has de dar".	3
junco	*Scirpusholoschoenus*	curar verrugas	se arranca un junco y se frota con la parte blanca la verruga, luego se planta al revés	3, 4
baladre	*Neriumoleander*	ritual de desamor	se coloca un rama en la ventana de las mozas que no son del agrado	3, 4
chopo	*Populussp.*	relación con la Virgen	en mayo, festividad de la Cruces se hacían altares a la Virgen con ramas de chopo	4
chopo	*Populussp.*	engalanar calles	día del Corpus, se llenaban las calles con ramas chopo donde pasaba la procesión	4

Imagen 10.19. La creencia del poder curativo del agua sigue arraigada en muchas poblaciones rurales españolas.

Muchos eventos catastróficos, como las avenidas de agua, han recibido nombres de santos o vírgenes aludiendo, por un lado a la fecha en la que tuvieron lugar y, en segundo, solicitando protección para una perturbación que sobrepasaba la capacidad de control del hombre, adquiriendo, entonces un significado religioso. Como ejemplo se presentan los nombres que los habitantes de la cuenca del Segura dieron a las distintas riadas desde 1545 hasta principios del siglo XX. Esta tradición se ha perdido y en la actualidad no se asigna ningún nombre a las riadas.

AÑO	MES	NOMBRE	CAUCES AFECTADOS
1545	Octubre	San Lucas	Guadalentín - Segura
1651	Octubre	San Calixto	Segura - Mula - Guadalentín
1653	Noviembre	San Severo	Guadalentín
1664	Septiembre	San Miguel Arcángel	
1667	Enero	San Juan Crisóstomo	Segura
1672	Marzo	San Patricio	Segura - Guadalentín
1683	Diciembre	Santo Tomás	Segura
1684	Enero	Reyes Magos	Segura
1686	Noviembre	San Orestes	Segura
1701	Septiembre	San García	Guadalentín
1704	Agosto	San Leovigildo	Guadalentín - Segura
1731	Septiembre	San Nicomedes	Segura
1733	Septiembre	Nª Sª de los Reyes	Segura - Guadalentín
1736	Septiembre	San Lino	Segura - Guadalentín
1741	Noviembre	Santa Catalina	Guadalentín - Segura
1769	Octubre	San Simón y San Judas	Segura
1775	Mayo	San Pedro Regalado	Segura - Guadalentín
1776	Octubre	San Pedro Pascual	Segura
1783	Octubre	San Francisco de Asís	Segura - Mula - Guadalentín
1797	Octubre	San Nicasio	Segura
1831	Octubre	La Diforme	Guadalentín - Segura
1834	Octubre	Santa Brígida	Segura - Mula - Guadalentín
1838	Octubre	San Francisco	Mundo - Guadalentín
1877	Junio	San León II	Guadalentín
1877	Septiembre	San Cosme y San Damián	Segura - Guadalentín
1879	Octubre	Santa Teresa	Guadalentín - Mundo - Segura
1906	Septiembre	San Julián	Segura - Mula - Guadalentín

5.3.5. Paisaje-servicio estético

Los paisajes ligados al agua son valorados y requeridos cada vez por mayor cantidad de público. Los paisajes de ríos y riberas, desde el punto de vista estético, probablemente sean de los que producen mayor placer y bienestar al ser humano (Imagen 10.20). Ocho de los 14 Parques Nacionales españoles (el 85% de la superficie total) incluyen ecosistemas acuáticos. La evolución del número de visitantes en dichos parques es cada vez mayor (Figura 10.36). Además ha aumentado considerablemente la demanda social de espacios, cercanos a las poblaciones donde desarrollar actividades de recreo y ocio. Muchos de ellos son paisajes naturales o culturales relacionados con el agua, que están siendo revalorizados por las entidades públicas.

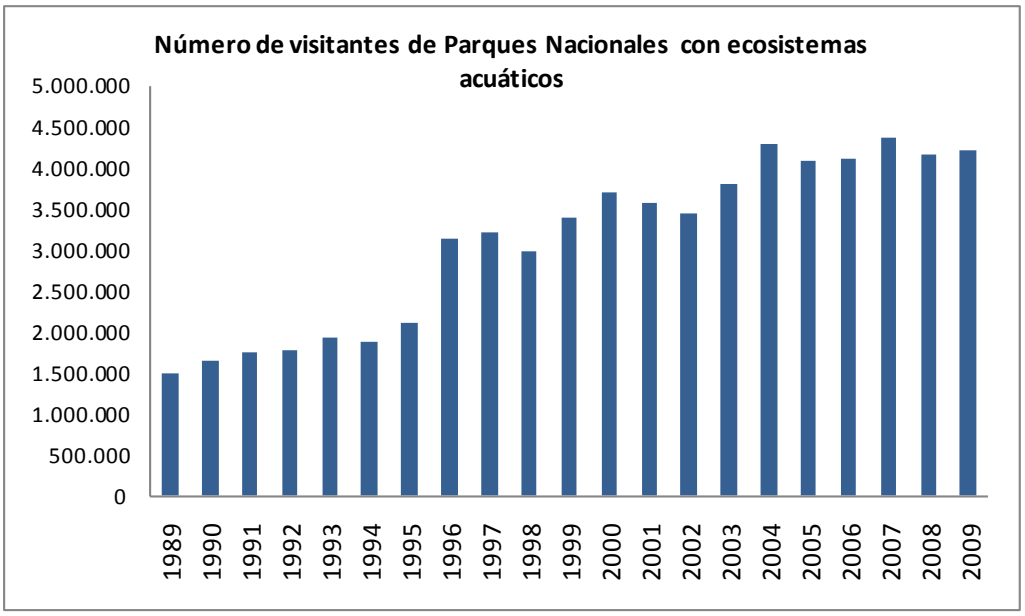

Figura 10.36. En los últimos 20 años, el número de turistas que han visitado los Parques Nacionales españoles que incluyen ecosistemas de aguas continentales, se ha triplicado. (Estadísticas del INE- 2010).

Imagen 10.20. Los paisajes del agua se encuentran entre los más visitados por el público urbano.

Proteger tramos de ríos y riberas o espacios ligados al agua no potencia, ni conserva, la multitud de servicios que nos proporcionan. La propuesta de establecer un catálogo de "ríos escénicos" por parte de la administración (unos 4208,6 km de longitud que incluye 357 tramos de Reservas Fluviales y 98 Paisajes Fluviales; MMA, 2008b), obedece a la conciencia de que hay que preservar para las generaciones futuras tramos de ríos y riberas que aun no han sido desprovistos de una parte de los servicios que proporcionaban a la sociedad. La conservación de tramos de ríos y riberas aislados no asegura, ni sirve, para mantener la multitud de servicios que estos ecosistemas encierran. El espacio "Ajauque-Rambla Salada" en la Región de Murcia, fue protegido bajo la figura de "Paisaje Protegido" debido a su singularidad como ecosistema fluvial de carácter hipersalino. El aumento y la presión ejercida por la puesta en regadío con agua del Trasvase Tajo-Segura, de buena parte de su cuenca hidrológica, ha dado lugar a un aumento de la escorrentía, derivada de los drenajes de los cultivos, y con ello la disminución de la salinidad del agua, perdiendo así, su carácter singular por el que fue protegido (Suárez *et al.*, 1996).

5.3.6. Actividades recreativas y ecoturismo

Las actividades recreativas son cada vez más demandadas por la población urbana pero a costa de perder otros servicios culturales ligados a la población rural. España cuenta con un total de 1.714 tramos de cauces o embalses en los que se puede ejercer la pesca fluvial de ocio (INF-2007). De ellos en solo 446 (26% del total), se practica la pesca sin muerte. El número total de playas fluviales en España es de 206 (133 se ubican en ríos y 73 en embalses) y cada vez se incorporan más a la red estatal, pero la calidad del agua cada vez es menor (Figura 10.37). Según los datos del CEDEX en España hay censados un total de 199 balnearios, incluyendo a los de aguas termales. El aumento del número de usuarios de dichos balnearios es progresivo. Aunque no hay datos sobre la cantidad de participantes en deportes de riesgo ligados a las aguas de ríos y embalses en España, la demanda para su práctica va en aumento a la vista del incremento del número de agencias y organizaciones que ofertan este tipo de actividades, cada vez más agresivas con el medio ambiente.

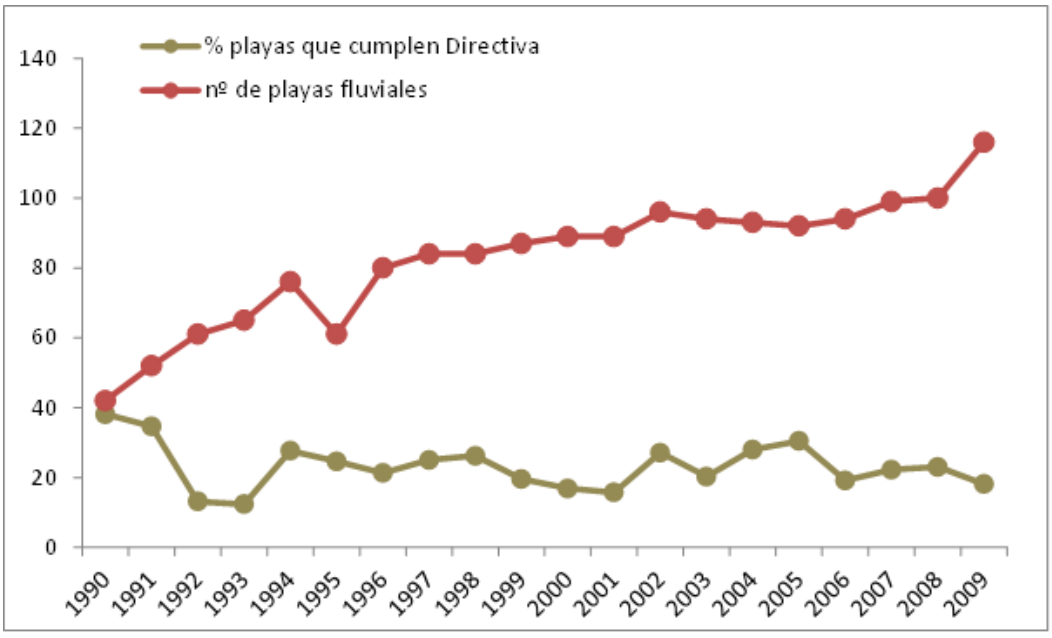

Figura 10.37. El número de playas fluviales incorporadas a la red de control de la calidad del agua para baño, ha ido aumentando en las últimas décadas, pero no así el porcentaje de playas fluviales que cumplen con los valores imperativos y guía de la Directiva 76/160/EEC. (Elaboración propia con datos extraídos de http://dd.eionet.europa.eu/ y EEA, 2010b)

Las actividades de ocio más tradicionales en los ríos y riberas españoles están perdiendo valor. Prácticamente toda la pesca fluvial que se practica en España es recreativa, pero el número de licencias ha disminuido significativamente en los últimos 15 años (de 789.102 licencias en 1990 a 318.199 en 2007). La contaminación del agua de los ríos, las presas, y la introducción de especies de peces invasoras, parecen las causas más importantes de esta disminución. De hecho, según los datos proporcionados por las estaciones de la Red ICA para el control de la calidad piscícola de las aguas fluviales españolas, ha aumentado el número de puntos no aptos para la pesca fluvial y ha disminuido el de tramos apropiados para la pesca de ciprínidos (Figura 10.38).

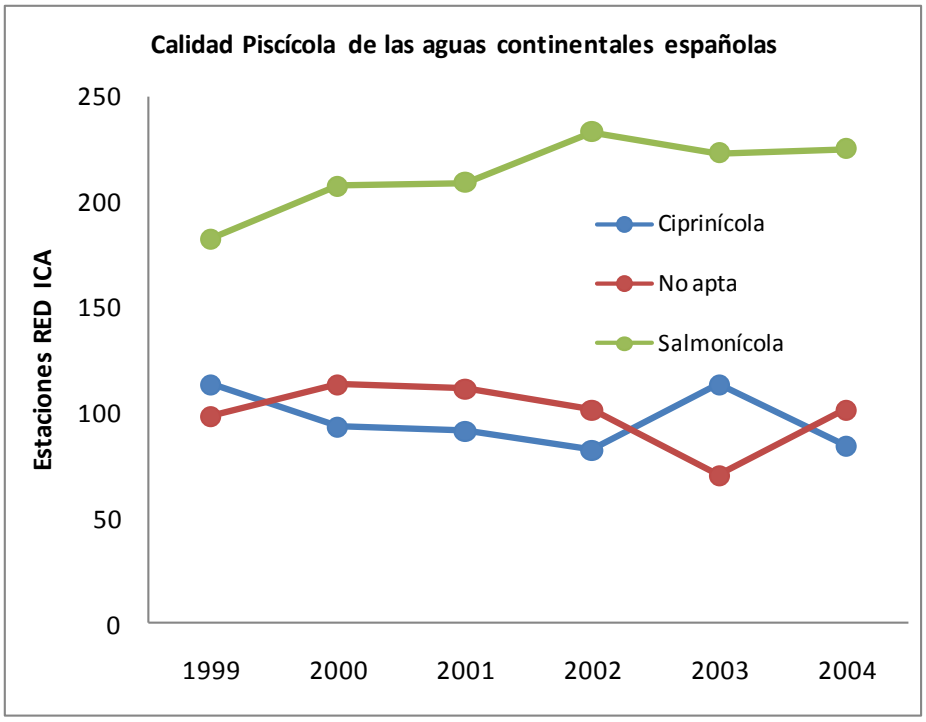

Figura 10.38. Cada vez es mayor el número de tramos de ríos inapropiados para realizar una actividad de ocio tradicional como es la pesca fluvial. (Red ICA).

5.3.7. Educación ambiental

Los programas de Educación Ambiental han aumentado sensiblemente en las últimas décadas y, aunque son útiles para la sensibilización de las poblaciones más urbanas, muchas veces sus mensajes llevan a comportamientos proteccionistas de ríos y riberas. En España los programas de Educación Ambiental son promovidos y financiados por distintas entidades públicas y privadas en todos los ámbitos territoriales (nacional, autonómico, regional, provincial, local, etc.). En la web del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, constan un total de 9 Programas de ámbito nacional de los cuales únicamente uno (Voluntariado en Ríos) está dirigido a establecer una red de voluntarios involucrados en la conservación y restauración de ríos y bosques de ribera.

En cuanto a los promovidos por entidades autonómicas, del total de 122 programas, 17 tienen como objetivo el agua o los ecosistemas acuáticos. El número de participantes es cada vez más elevado. Como ejemplo, el Programa "Andarríos" impulsado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, ha contado en el año 2010 con la participación de 1.116 voluntarios perteneciente a 186 asociaciones y entidades sociales de Andalucía. Sin embargo, mensajes como "Adopta un río", "Limpiar y cuidar los ríos es posible", "Apadrinar un tramo fluvial", "obtener el cargo de *cuidador* de los ríos", no favorecen que se identifiquen a los ríos y riberas como parte del capital natural necesario para el bienestar humano.

5.4. Tendencias generales

Los servicios de regulación y los culturales que proporcionan los ríos y riberas españoles se encuentran en un claro estado de degradación. Indudablemente el aumento de la disponibilidad de agua y de energía han supuesto un incremento en el bienestar de la sociedad española y sobretodo un auge en el desarrollo económico nacional, pero ello ha llevado a la pérdida de biodiversidad y ha tenido una grave repercusión sobre muchos servicios de regulación y culturales, incluso sobre los de abastecimiento (Tabla 10.9). La potenciación fundamentalmente de dos servicios de abastecimiento, agua para la agricultura de regadío y energía para sostener los sistemas urbanos y sectores industriales, ha llevado a la disminución de la capacidad de nuestros ecosistemas fluviales para depurar las aguas, minimizar los efectos de las avenidas de agua y de las sequías, amortiguar la pérdida de suelo y de su fertilidad y a disminuir su capacidad para regular el clima local. Paradójicamente, cada vez se sabe más sobre cómo funcionan y se comportan los ríos y riberas, se demanda ríos limpios y bien conservados para el disfrute y ocio de las poblaciones urbanas y se revaloriza la cultura, conocimientos tradicionales, y fiestas y eventos ligados a ríos y riberas, pero disminuyen aquellos que aún conservan y practican las poblaciones más rurales: el conocimiento ecológico local, ritos y tradiciones o los relacionados con su identidad cultural.

Tabla 10.9. Evaluación global del estado de los servicios de los ríos y riberas españoles. El sentido de las flechas indica la mejora (↑) o empeoramiento (↓) del servicio, una tendencia mixta (↔), o el servicio sufre empeoramientos (↘) o mejoras (↗) a lo largo del estudio.

Tipo de servicio	Servicio		Situación
ABASTECIMIENTO	Alimentos	Pesca fluvial	↓
		Acuicultura	↘
	Agua dulce		↘
	Materias primas de origen biológico	Madera/leña	↑
	Materias primas de origen mineral	Sal	↓
		Agua mineral	↑
		Grava/arena	↓
	Energías renovables: Energía hidráulica		↔
	Acervo genético		↘
	Medicinas naturales y principios activos		↓
REGULACION	Regulación climática local y regional		↘
	Regulación de la calidad del aire		↘
	Regulación hídrica		↘
	Regulación morfosedimentaria		↘
	Formación y fertilidad del suelo		↘
	Regulación de las perturbaciones naturales		↘
	Control biológico		↘
CULTURALES	Conocimiento científico		↑
	Conocimiento ecológico local		↘
	Identidad cultural y sentido de pertenencia		↓
	Disfrute espiritual y religioso		↗
	Paisaje-Servicio estético		↑
	Actividades recreativas y ecoturismo		↑
	Educación ambiental		↑

	Alto	↑	mejora del servicio
	Medio-Alto	↗	tendencia a mejorar
	Medio-Bajo	↔	tendencia mixta
	Bajo	↘	tendencia a empeorar
		↓	empeora el servicio

6. Impulsores de cambio de los ecosistemas ríos y riberas

Los cambios de usos del suelo y la modificación de los flujos naturales del agua son los principales impulsores directos de cambio que afecta a los servicios de los ecosistemas fluviales y, por tanto, a su capacidad de generar servicios a la sociedad española (Tabla 10.9).

La sustitución de las riberas por superficies agrícolas y el excesivo control de los caudales de la mayor parte de los ríos españoles, han provocado la disminución de su capacidad natural para controlar los nutrientes, ajustar los ciclos biogeoquímicos, disminuir las tasas de erosión o amortiguar los efectos de las avenidas de agua y las sequías, más aun cuando los efectos del cambio climático se perciben claramente sobre el ciclo del agua en España (Sánchez y Míguez-Macho, 2010).

Las especies invasoras están actuando muy rápidamente afectando a la biodiversidad de estos ecosistemas y disminuyendo la reserva genética que constituyen las especies autóctonas (en los ríos y riberas españoles viven 29 especies de anfibios, 26 de ellos son endémicos y 2 se encuentran en peligro de extinción; y 13 especies de reptiles, 8 de ellos endémicos y uno en peligro de extinción; Pleguezuelos *et al*., 2002).

Aunque los indicadores del nivel de contaminación de las aguas parecen indicar un cierto grado de control, el impacto persiste a causa de la utilización de fertilizantes y el escaso éxito en el control de la contaminación difusa. Todo lo cual, perfila un cuadro de elevado impacto de estos impulsores directos sobre los servicios de ríos y riberas.

Tabla 10.10. Impulsores de cambio directo para los ríos y riberas españoles. La gama de colores indica la intensidad del impulsor en la alteración de los servicios que proporcionan ríos y riberas y la flecha indican la tendencia actual que siguen los impulsores.

ECOSISTEMA	Cambios de usos del suelo	Cambio climático	Contaminación	Especies invasoras	Cambio en los ciclos biogeoquímicos	Modificación de los flujos de agua
Ríos y riberas	↑	↗	→	↑	↗	↑

Intensidad de los impulsores directos del cambio

Bajo	
Moderado	
Alto	
Muy alto	

Tendencias actuales de los impulsores directos del cambio

Disminuye el impacto	↘
Continúa el impacto	→
Aumenta el impacto	↗
Aumenta muy rápido el impacto	↑

7. Análisis de compromisos (*trade-offs*) y sinergias

La gestión de los ríos y riberas, al igual que la de la mayor parte de los ecosistemas naturales, se ha llevado a cabo sin considerar que cualquier actuación implica cambios positivos o negativos sobre otros servicios que nos proporcionan. Esto ocurre porque ningún servicio se genera de forma independiente, por ejemplo el agua dulce y de calidad para abastecimiento humano se genera cuando los suelos de la cuenca hidrológica están protegidos y actúan como filtros naturales. Conocer las relaciones entre los distintos servicios, tanto las sinergias, como los "*trade-offs*", es básico para que la toma de decisiones sobre un servicio asegure la continuidad de los otros en favor del bienestar humano. Tres ejemplos, pueden ayudar a comprender como la toma de decisiones para potenciar un servicio determinado, sin considerar las relaciones positivas o negativas que se establecen entre ellos, puede afectar al bienestar de las poblaciones humanas (Tabla 10.11).

Tabla 10.11. Algunos ejemplos de cómo la decisión de potenciar un servicio tiene efectos positivos y negativos sobre otros servicios y sobre el bienestar humano.

DECISION	OBJETIVO	GANADOR/ES	ECOSERVICIO QUE DECRECE	PERDEDORES
Transformar las vegas de los ríos para agricultura de regadío	Aumentar el servicio de alimentación	Agricultores, consumidores	Servicios de regulación, control de perturbaciones naturales, erosión, capacidad autodepuradora. Servicios culturales, conocimiento ecológico local, paisaje-disfrute estético, ocio	Población local, mayor riesgo de inundaciones, disminución de lugares de esparcimiento, para pescar, o para el baño. Problemas de contaminación y eutrofización que afectan a la poblaciones de la parte baja de la cuenca
Promover la energía hidráulica	Aumentar la energía	Empresarios y consumidores	Graves fluctuaciones del caudal de los ríos, pérdida de biodiversidad, Servicios de regulación, control de la erosión: los embalses actúan como trampas de sedimentos. Servicios culturales, alteración del los paisajes-disfrute estético, ocio, etc.	Población local, perdida de pequeñas superficies de vega, disminución de lugares de pesca. Pérdida de suelo fértil en los tramos bajos.
Usar fertilizantes para aumentar la productividad del suelo	Aumentar el servicio de alimentación	Agricultores, vendedores de fertilizantes, consumidores	Servicio de autodepuración del agua: contaminación difusa, aumento de nutrientes; Regulación del clima local: aumento de de N2O por procesos de desnitrificación.	Población local por el aumento de gases de efecto invernadero, y por contaminación del agua

La transformación de las vegas de los ríos para potenciar la agricultura de regadío, ha sido una actuación habitual y muy extendida en España (Figura 10.39). Su objetivo básico es aumentar la producción del servicio de alimentación, lo cual efectivamente se ha conseguido. Sin embargo, esta actuación ha llevado a la pérdida del capital natural que suponen las riberas y a provocar la degradación de los ríos. La elevada demanda de agua para abastecer esta agricultura ha llevado consigo la construcción de un gran número de embalses que, alteran los caudales naturales de los ríos y retienen sedimentos.

La disminución o desaparición, en muchos casos, de las riberas ha hecho que se pierda el servicio de abastecimiento de materiales bióticos, como por ejemplo la leña, la madera y frutos silvestres. Además, disminuye la capacidad para retener el suelo y para amortiguar las avenidas de agua. El excesivo control del agua en los embalses hace que disminuya la capacidad autodepuradora de los ríos y son trampas de suelo que no se reincorporan a las vegas situadas más abajo. Los paisajes naturales quedan alterados y otros servicios culturales como la pesca fluvial y otras actividades recreativas como paseos, playas, etc., desaparecen. Así pues, la pérdida de suelo fértil, el aumento de la peligrosidad de las avenidas de agua y la pérdida de espacio para el ocio y disfrute de las poblaciones locales influyen negativamente sobre el bienestar de la población.

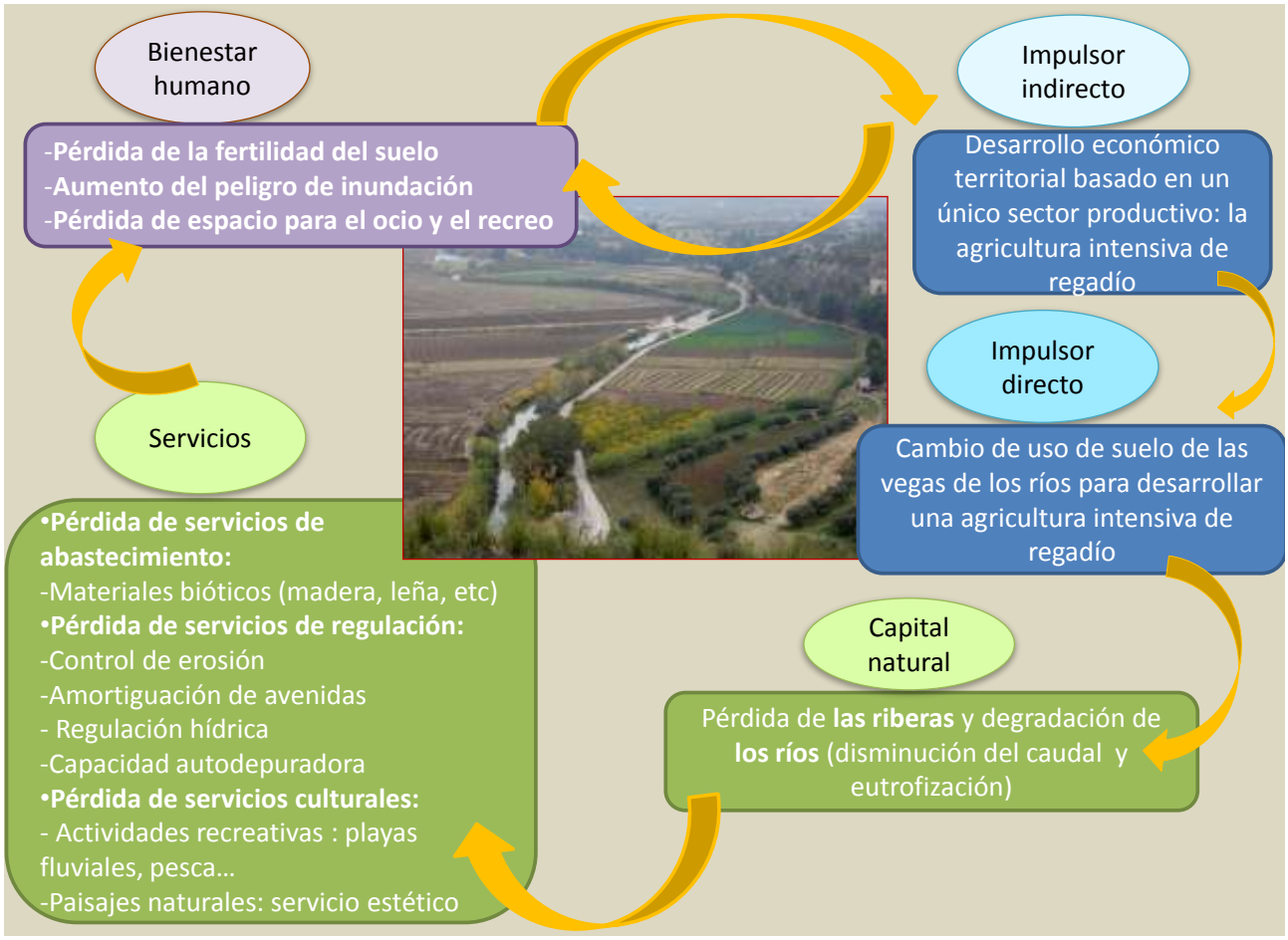

Figura 10.39. Esquema sintético de cómo los cambios de usos del suelo en las vegas de los ríos implican perdidas del capital natural y de los servicios de abastecimiento, regulación, y culturales que repercuten en el bienestar humano.

Potenciar la producción de energía hidroeléctrica ha sido un objetivo básico de las políticas energéticas en España, lo cual se ha conseguido con mucho éxito. No obstante, ha tenido un gran impacto sobre el capital natural que son los ríos españoles (Figura 10.40), básicamente por la alteración y fluctuabilidad de los caudales naturales y sobre la biodiversidad acuática. La producción de energía hidráulica se basa en aprovechar la caída de agua desde una altura, para lo cual se requiere, entre otros, la construcción de embalses que almacenan agua.

Muchos servicios de regulación, en este caso, se ven alterados: regulación hídrica, capacidad autodepuradora del agua, control de la erosión, pero el de mayor importancia es el de alteración de los caudales que lleva consigo la desaparición de buena parte de la biodiversidad acuática. Además, muchas actividades recreativas y los paisajes relacionados con el servicio disfrute estético desaparecen. La pérdida de pequeñas vegas fluviales utilizadas por la población local, la desaparición de la pesca fluvial, la disminución de suelo fértil y la pérdida de espacio para el ocio y recreo afectan al bienestar humano.

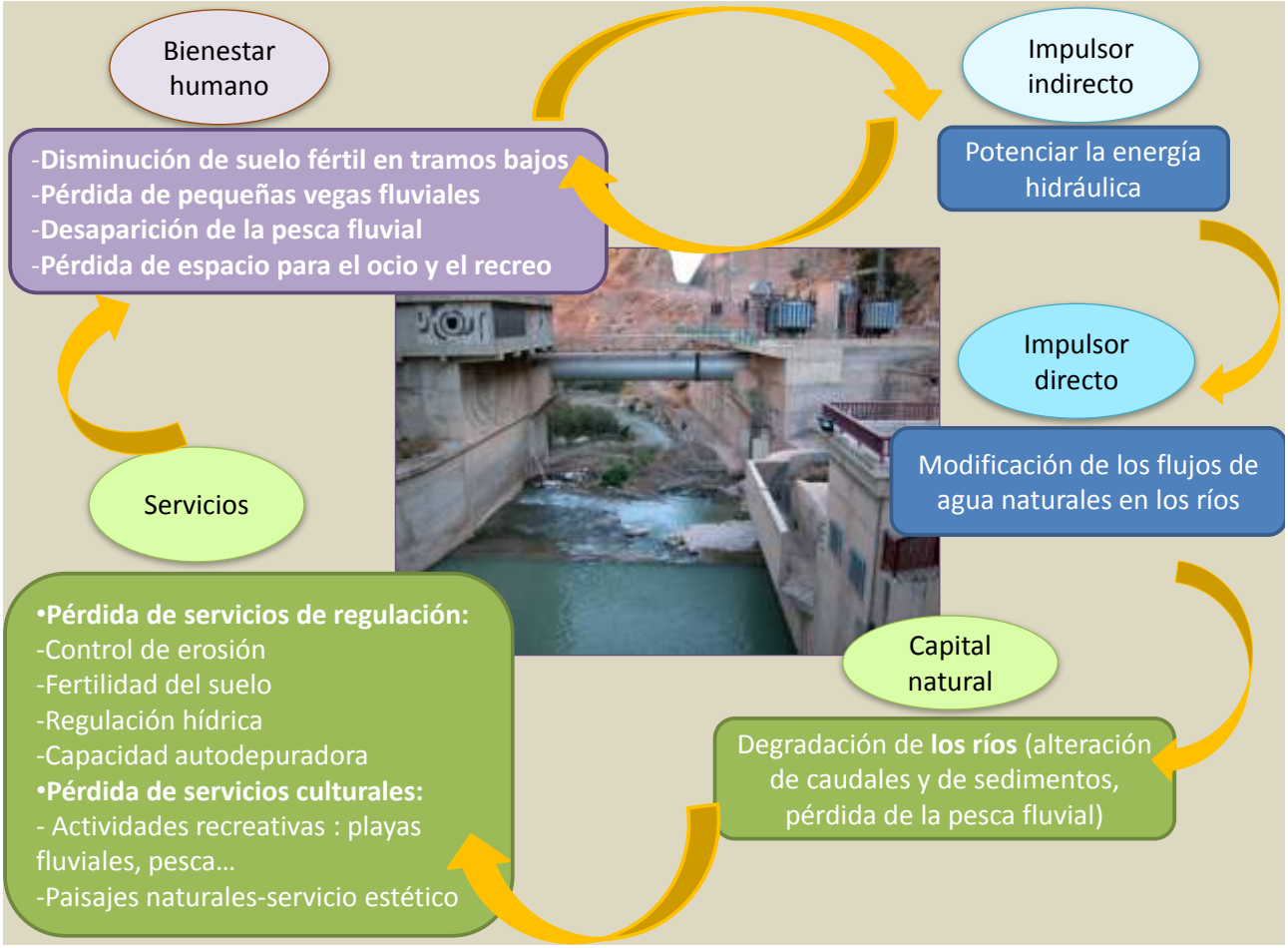

Figura 10.40. Esquema sintético de cómo potenciar el servicio de abastecimiento de energía, lleva implícito la pérdida del capital natural y de los servicios de abastecimiento, regulación, y culturales que repercuten en el bienestar humano.

Incentivar la producción agrícola de monocultivos, a gran escala y en cualquier tipo de suelo, es otra actividad que desde hace algunas décadas se está desarrollando en muchas regiones españolas. Para aumentar la productividad en suelos no siempre apropiados para la agricultura, se utilizan fertilizantes muchos de los cuales terminan en los ríos a través de la escorrentía, alterando los ciclos biogeoquímicos y provocando problemas de contaminación difusa (Figura 10.41). Los ríos son el capital natural que se ve alterado por estas prácticas, dado que el aumento de estos nutrientes en el agua provocan fenómenos de eutrofización. El servicio de abastecimiento de agua dulce de calidad disminuye y entre los servicios de regulación, se pierde buena parte de la capacidad autodepuradora de los ríos y la de regulación del clima local y regional: la entrada de nutrientes en los ríos, como el nitrógeno, favorece los procesos de desnitrificación realizados por las bacterias, que transforman el nitrógeno del agua en óxido nitroso (N_2O), uno de los gases con efecto invernadero más potentes. Así pues, la decisión de aumentar la producción agrícola de monocultivos, lleva consigo la disminución de la calidad del aire que afecta a las poblaciones cercanas y la pérdida de espacios de disfrute y de ocio y recreo para las poblaciones urbanas.

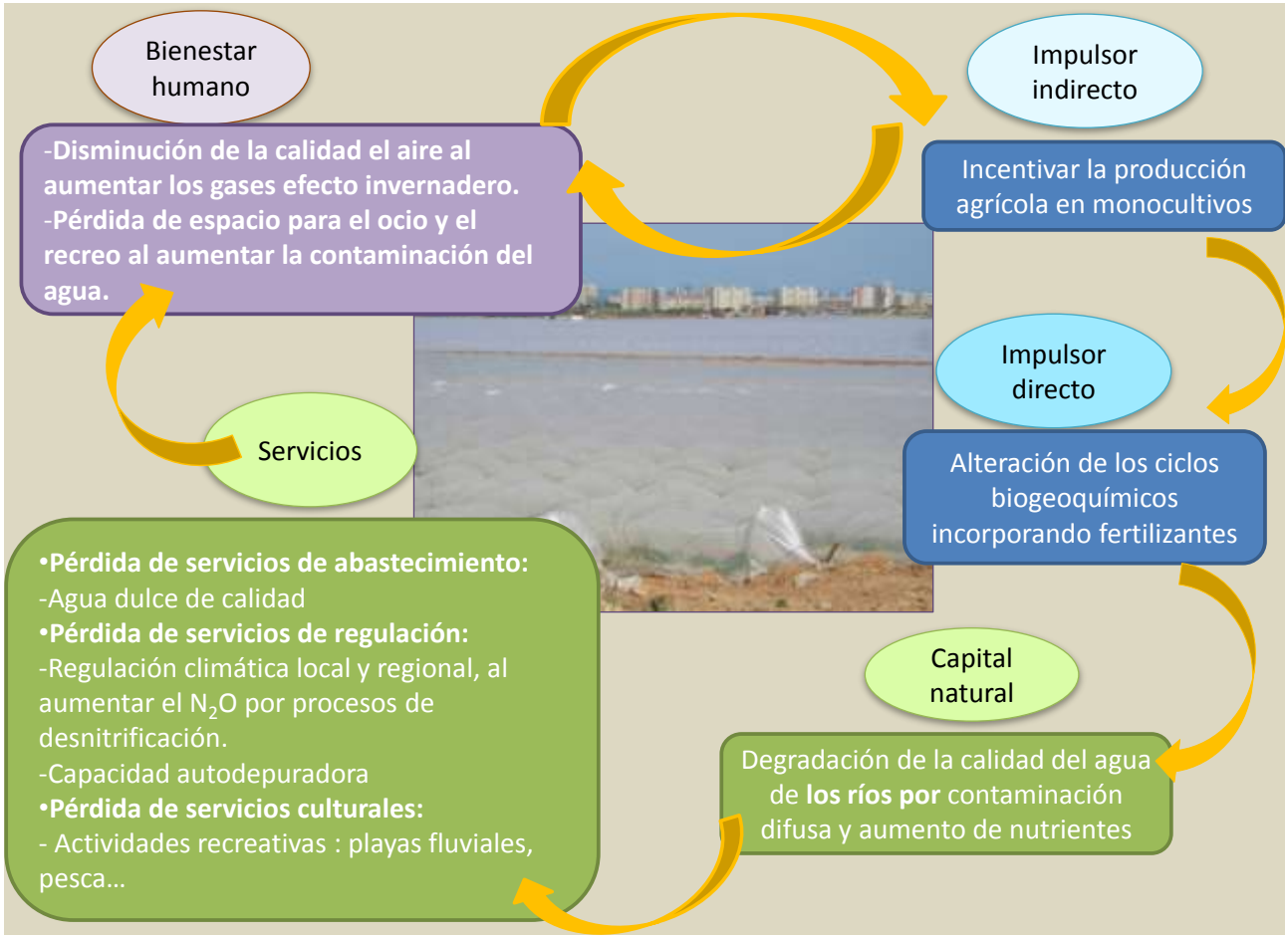

Figura 10.41. Esquema sintético de cómo incentivar la producción agrícola en monocultivos afecta al capital natural que suponen los ríos y a los servicios de abastecimiento, regulación, y culturales que repercuten en el bienestar humano.

8. Respuestas e intervenciones de gestión

En el año 2000 fue aprobada por la Unión Europea la Directiva Marco del Agua, (DMA), una herramienta básica para la gestión del agua, en un marco más sistémico del que se venía haciendo hasta entonces. La DMA, a día de hoy, ha supuesto un importante avance al conceptualizar el agua dentro de su entorno natural -los ecosistemas acuáticos- (Prat *et al.*, 2008) y, en este sentido ha supuesto un cambio de percepción dado que alcanzar el "buen estado ecológico" de los ríos significa, además de mantener el buen estado hidroquímico, y de sus comunidades biológicas, no alterar la morfología de los cauces y mantener su conectividad (EEA, 2010a). Es decir, mantener o recuperar la funcionalidad del ecosistema acuático. Además, ha servido para poner al día, en parte, el conocimiento del estado de conservación de los ríos y riberas españoles y ha obligado, en cierta manera, a realizar un análisis de las presiones y los impactos, problemas y desajustes en la gestión del agua. La DMA puede ser, de alguna manera, una respuesta institucional y de gobernanza del agua en España.

Los objetivos que conducen a un mayor bienestar humano (que no nivel de vida), mejor conservación e integración de los ecosistemas, mayor disponibilidad de agua limpia, protección de la atmósfera o producción de energía y alimento, no deberían ser incompatibles entre sí. Sin embargo, la búsqueda de estos objetivos desde un enfoque sectorial conduce irremediablemente al deterioro de los ríos y riberas españoles. Es incompatible desarrollar los objetivos de la DMA en lo relacionado con la conservación de ríos y riberas y poner en marcha el Plan de Energías Renovables en España (PER-2005-2010), que contempla la construcción de gran cantidad de minicentrales en pequeños ríos de las cabeceras de las cuencas mejor conservadas de España. Resulta igualmente muy difícil de compaginar las previsiones del Plan Nacional de Regadíos-2008 y el Plan de Choque de Modernización de Regadíos-2010, con el ahorro de agua para restituir los flujos naturales o con aumentar la calidad del agua disminuyendo la contaminación difusa.

La degradación de, prácticamente todos los servicios de regulación y buena parte de los culturales, que proporcionan ríos y riberas y que ha quedado de manifiesto en los apartados anteriores, ha tenido un impacto muy desigual en distintos sectores de la sociedad española, excluidos tradicionalmente de la participación en los procesos de toma de decisión. Las Confederaciones Hidrográficas españolas son las responsables de ejecutar los planes hidrológicos, que son la herramienta fundamental tanto para el desarrollo socioeconómico como para la protección de las cuencas hidrológicas (Magdaleno, 2010). Dentro de la Confederaciones, los Consejos del Agua son los cauces para canalizar la participación pública en los procesos de planificación hidrológica, pero apenas incluyen otros usuarios que no sean los representantes de la administración y de los sectores económicos. A modo de ejemplo, el Consejo del Agua de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico está constituido por 22 representantes de la administración (políticos), 20 representantes de los sectores económicos (6 del sector de la energía, 4 del sector industrial, 6 empresas de abastecimiento de agua y 4 de comunidades de regantes) y un representante de las organizaciones ecologistas. Claramente, se percibe como en la toma de decisiones no intervienen todos los sectores sociales realmente implicados (UNESCO, 2009).

El aumento de la participación ciudadana en los distintos niveles de toma de decisiones ayudaría, por una parte a decidir la mejor opción y por otra a comprender los impactos y costes de las distintas elecciones posibles (ME, 2005). España tiene ejemplos muy singulares sobre la bondad de estas prácticas, como el Tribunal de las Aguas de Valencia o el Consejo de los Hombre Buenos de la Huerta de Murcia, que actúan a escala local y resuelven de manera participativa los conflictos del agua utilizada en los regadíos tradicionales. Sin embargo, no hay ejemplos a otras escalas de toma de decisiones.

Para que la participación ciudadana sea efectiva, es necesario el acceso a la información, la transparencia y la toma de conciencia (ME, 2005). Cada vez se dispone de más información a través de internet. Prácticamente todas las administraciones públicas relacionadas con el agua tienen su página web en la que se incorporan datos, artículos, noticias, etc. Sin embargo, el acceso es difícil por la gran cantidad de información y contenidos confusos, e incluso contradictorios en algunos aspectos, que dificultan su análisis y por la ausencia de otros de igual o mayor importancia. La transparencia en la

rendición de cuentas sobre cuánto y quién utilizan los distintos servicios de abastecimiento que proporcionan los ecosistemas acuáticos, redundaría por un lado, en una mayor justicia social y, por otra, en una mayor confianza en que las instituciones que los gestionan lo hacen de manera que sirven a todos los intereses de la sociedad.

Las administraciones públicas responsables de que los ríos y riberas generen servicios en beneficio de la sociedad, no pueden ser, únicamente, servidores del agua que demanda cada sector económico o social porque "nunca se tiene suficiente". Este modelo de respuesta ha llevado a que cada vez los ríos españoles estén más regulados, potenciando unos pocos servicios y eliminado los más importantes. Las sequías e inundaciones que con mayor frecuencia se sucederán por efecto del cambio climático (EEA, 2010a), no se solucionan con la construcción de un mayor número de presas, como argumentan las conclusiones del IX Jornadas Españolas de Presas celebrada en junio de 2010.

La gestión del agua, hoy más que nunca, hay que enmarcarla en el contexto de un mundo cambiante (Montes, 2007), tanto por la cantidad e intensidad de las actividades humanas que se desarrollan dependiendo de ella, como por las incertidumbres que genera el cambio global. Hacer sostenible la producción de alimentos en un mundo donde la población humana crece de forma exponencial, el 60% de los ecosistemas naturales están deteriorados, las incertidumbres que genera la crisis climática global y la percepción cada vez más clara de la universalidad de la dinámica no lineal del cambio de los ecosistemas (lo que Rockström y Kariberg, 2010, denominan "las cuatro presiones"), requiere un cambio conceptual del modo en el que se gestiona el agua para la agricultura. La dicotomía entre agricultura de regadío y de secano no es adecuada, puesto que ambas participan del agua verde, es decir del agua de las lluvias que directamente riegan ambos tipos. Así que la gestión, única y exclusivamente del agua azul (el agua de los ríos, lagos, y los acuíferos), solo favorece a los emprendedores de las obras hidráulicas (Falkenmark y Rockström, 2006). Las repuestas que actualmente se están dando están enfocadas a gestionar únicamente el agua azul y obvian completamente al agua verde, lo cual no es sostenible ni a medio ni a largo plazo. La dependencia de la Cuenca del Segura de la del Tajo para abastecer de agua a su población y a buena parte del regadío de su cuenca, limita enormemente sus posibilidades de respuesta ante situaciones de cambio imprevisibles. Como indican Rockström y Kariberg (2010), el marco de incertidumbres en el que actualmente nos movemos requiere una "triple revolución verde", es decir no solo duplicar la producción de alimentos sino, además hacerlo ambientalmente sostenible, aprovechando las oportunidades que ofrece el uso del agua verde para la agricultura de secano.

Es necesario un cambio drástico y conceptual entre quienes desarrollan las políticas y quienes toman las decisiones, para lo cual haría falta cambiar el marco de la gobernanza actual de los servicios de los ríos y riberas. La cooperación entre los distintos actores implicados en la gestión del agua llevaría a respuestas más justas y solidarias entre ellos y de ellos con sus ríos y riberas.

9. La conservación de ríos y riberas y el bienestar humano

No es fácil reconocer que la conservación de los ríos y riberas españoles son básicos para el bienestar humano. El agua dulce y de calidad para abastecimiento de las poblaciones no se genera en los sistemas de distribución, sino en las cuencas hidrológicas bien conservadas. Los beneficiarios de los servicios que nos proporcionan ríos y riberas son tanto las poblaciones rurales que viven cerca de ellos, como las urbanas que viven más alejadas. El bienestar humano depende de la disponibilidad de comida, agua y energía, pero también de espacios para el disfrute, del conocimiento y aprendizaje de la naturaleza y del sentimiento de pertenencia a un entorno natural.

La superficie que ocupan los ríos y riberas españoles es mínima en relación a la cantidad de servicios que proporcionan a la sociedad. Los espacios y paisajes del agua son de los más valorados por las fuertes sensaciones de bienestar que producen. Agua, alimentos, energía o materiales para construir o elaborar artesanías son parte de los servicios de abastecimiento más tangibles que nos proporcionan. Pero la capacidad de los ríos y riberas para autodepurar el agua, frenar la erosión, redistribuir el suelo en las vegas y fertilizarlas, minimizar los efectos de avenidas o las sequías o participar en la regulación del clima local, son servicios que no siempre se le adjudican a estos ecosistemas.

La ingeniería ha desarrollado multitud de técnicas para explotar a los ecosistemas acuáticos hasta llegar, en muchas ocasiones a sobrepasar su capacidad para abastecer o proporcionar servicios. Las consecuencias que ello tiene sobre la alteración del ciclo del agua es hoy día más evidente que nunca. Los cambios de usos de suelo en las vegas fluviales y la modificación de los caudales naturales de los ríos, son los principales impulsores directos de cambio de ríos y riberas españoles a corto plazo, pero los efectos de cambio global sobre la cantidad de agua que se generan en las cuencas hidrológicas y sobre los ciclos biogeoquímicos, lo van a ser también con toda seguridad (Álvarez Cobelas *et al.*, 2005).

La cantidad de suelo de vega dedicado a la agricultura de regadío ha supuesto la pérdida del servicio de regulación de control de la erosión de las laderas. Las lluvias intensas y torrenciales, que en muchas ocasiones afectan a las cuencas hidrológicas mediterráneas, provocan avenidas y erosionan y transportan grandes cantidades de suelo. Para suplir la pérdida de estos servicios de regulación (regulación morfosedimentaria y de las perturbaciones naturales), se construyen embalses, se canalizan los ríos o se cortan los meandros y se recurre a la denominada "restauración hidrológico-forestal" que intenta suplir el papel que la vegetación natural cumpliría regulando la erosión de las laderas. El coste económico que implica mantener estos servicios es muy elevado. Pero además, la pérdida de estos servicios de regulación lleva consigo también la desaparición de otros servicios de abastecimiento y culturales. Así, el secuestro de suelo en embalses y pequeñas presas impide que se regenere el suelo fértil de vega, que era fertilizado cada año al desbordarse los ríos mediterráneos. Hoy día la fertilidad del suelo hay que suplirla con productos químicos caros y extraños al sistema que provocan la eutrofización del agua y fenómenos de contaminación difusa. Además, las canalizaciones de los ríos rompen las conexiones entre ellos y sus riberas que son el principal mecanismo del servicio de agua dulce y de calidad, a través de su capacidad autodepuradora. Todo ello ha llevado a que los ríos cada vez estén más fragmentados, y más lentificados, lo que favorece la expansión y crecimiento de las especies invasoras que, encuentran en estas condiciones, los elementos básicos para su desarrollo.

Cuando los ríos son desconectados de cabecera a desembocadura, o de sus riberas y están contaminados o eutrofizados, muchos servicios culturales se pierden. Pescar, pasear, disfrutar o desarrollar cualquier otra actividad de ocio o recreo es mermada o eliminada. Pero más grave aún es el desarraigo que produce en las poblaciones rurales cercanas a ellos, que lleva a la despoblación y con ello a la pérdida de costumbres, tradiciones y saberes ligados al conocimiento ecológico local que, en definitiva es el que produce los modos de vida más sostenibles con la naturaleza y los que favorecen el bienestar del hombre.

10. Referencias bibliográficas

- Aldaya, M.M., Garrido, A., Llamas, M.R., Varelo-Ortega, C., Novo, P., and Casado, R.R. 2010. Water footprint and virtual water trade in Spain, In: A. Garrido and M.R. Llamas (eds.), Water policy in Spain, CRC Press, Leiden, The Netherlands, pp. 49-59.
- Álvarez Cobelas, M., J. Catalán, D. García de Jalón. 2005. 3. Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. En: Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla-La Mancha.113-146 pp.
- Álvarez Moreno, C. 2004. Las choperas: Plantaciones para la conservación activa del medio ambiente. Páginas de Información Ambiental. La Rioja, nº 18: 24-27.
- Andreu, E.; O. Andreu, M. Morant, M. Sánchez, M.J. Viñals. 2001. Patrimonio cultural asociado a los humedales españoles: elementos clave para su valorización. Humedales mediterráneos, 1: 163-170.
- Andreu, J., M. Vilà, P.E. Hulme. 2009. An assessment of stakeholder perceptions and management of noxious alien plants in Spain. EnvironManage43: 1244–55.
- Andreu-Soler, A. M. Torralva. 2007. Peces continentales de la Península Ibérica. El ecologista, 52: 36-40.
- Avendaño, C., R. Cobo. 1997. Metodología para estimar la erosión de cuencas fluviales a partir de batimetría de embalses. En: Ibáñez, J.J., B.L. Valero, C. Machado (eds.). El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación. Geoforma ed.
- Barriendos, M.; F.S. Rodrigo. 2006. Study of historical flood events on Spanish rivers using documentary data. Hydrological Sciences Journal, 51: 5, 765-783.
- Bautista, J. 1989. Las avenidas en la Cuenca del Segura y los planes de defensa. En: Reunión Científica Internacional sobre Avenidas Fluviales e inundaciones en la Cuenca del Mediterráneo. 469-482 pp.
- Bodoque, J.M., J. Pedraza, J.F. Martín-Duque, M.A. Sanz, R.M. Carrasco, A. Díez, M. Mattera. 2001. Evaluación de la degradación específica en la cuenca vertiente al embalse de Puente Alta (Segovia) mediante métodos de estimación directos e indirectos. Cuaternario y Geomorfologia, 15: 21-36.
- Cantero, P.A. 1995. Tramas del agua (El agua como metáfora viva). 166-189. En: González, J.A.; A. Malpica (Coords.). El agua. Mitos, ritos y realidades. Anthropos. Granada.
- Caro, J. 2008. Apuntes murcianos. Colección Documentos del Agua. 144 pp
- Cressier, P. 1995. Hidráulica rural tradicional de origen medieval en Andalucía y Marruecos. Elementos de análisis práctico. 255-286. En: González, J.A.; A. Malpica (Coords.). El agua. Mitos, ritos y realidades. Anthropos. Granada.
- Custodio, E., R. Llamas, N. Hernández-Mora, L. Martínez, P. Martínez. 2009. Issues related to intensive groundwater use. 143-162 pp. In: Garrido, A., R. Llamas (eds.). Water Policy in Spain. CRC Press. 246. ISBN-10: 0415554114.
- De Antonio, R., J. Almorox, A. Saa, J.P. Rueda. 1995. Erosión y aterramiento de embalses. Agricultura, 751: 151-154.
- Díaz-Hernández, J.L., E. Barahona, J. Linares. 2003. Organic and inorganic carbon in soils of semiarid regions: a case study from the Guadix-Baza basin (southeast Spain). Geoderma, 114: 65-80.
- Doadrio, I., M. Aldeguer (Coord.). 2007. La invasión de especies exóticas en los ríos. Estrategia Nacional de restauración de ríos. MMA. 124 pp.
- Dodds, W.K. 2002. Freshwater Ecology. Concepts and environmental applications. Academic Press. San Diego.

- Duarte, C. 2009. Cambio global. Impacto de la actividad humanasobre el sistema Tierra.CSIC. Colección Divulgación. Madrid. 252 pp.
- EEA, 2010a. The European Environment. State and outlook 2010. Water Resources: Quantity and flows. European Environmental Agency. 36 pp.
- EEA, 2010b. Quality of bathing water — 2009 bathing season. EEA Report No 3/2010. (http://www.eea.europa.eu/publications/quality-of-bathing-water-2009-bathing-season).
- EM (Evaluación de los ecosistemas del Milenio). 2005. Los ecosistemas y el bienestar humano: Humedales y agua. Informe de síntesis. 68 pp.
- Elvira, B., A. Almodóvar. 2001. Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. J. Fish Biol., 59:323-331.
- Espejo, C. 2001. Las aguas de consumo envasadas en España. Trasvases muy rentables y nada cuestionados. Papeles de Geografía, 34: 125-142.
- Espinosa, M.I., M.R. Vidal-Abarca, M.L. Suárez. 2001. Comparative study of water physico-chemical quality of the rivers and streams of the Segura River Basin (SE. of Spain). En: Symposium for European Freshwater Science. Toulouse.
- Ezcurra, J. 1995. Encauzamiento del Río Segura desde la Contraparada (Murcia) hasta Guardamar del Segura (Alicante) y recuperación de los sotos del río. España. Revista de Obras Públicas, 341: 39-51.
- Fajardo, J., A. Verde, D. Rivera, C. Obón. 2000, Las plantas en la cultura popular de la provincia de Albacete. Instituto de estudios albacetenses "Don Juan Manuel". Diputación de Albacete. Serie I. Estudios nº 118. 266 pp.
- Falkenmark, M., J. Rockström. 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. Journal of water resources planning and management/may-june: 129-132.
- Fernández, M. 1995. El agua en las tradiciones madrileñas. 121-153. En: González, J.A.; A. Malpica (Coords.). El agua. Mitos, ritos y realidades. Anthropos. Granada.
- Fernández González, J. 1998. La biomasa como energía alternativa para reducir el CO2 atmosférico. Homenaje a D. Angel Ramos Fernández. Real Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería ETSI de Montes. Madrid.
- García Ruíz, J.M., F. López Bermúdez. 2009. La erosión del suelo en España. Sociedad española de Geomorfología. 441 pp.
- GEIB (Grupo Especialista en Invasiones Biológicas). 2006. TOP 20: Las especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España. GEIB. Serie Técnica nº 2: 116 pp.
- Gil Olcina, A. 2006. Importancia y desaparición de un uso tradicional del agua: la flotación de maderas. Ería, 69: 57-74.
- Gómez Orea, D. 1997. Impacto ambiental de los trasvases. Actas del I y II seminario del agua, 1997-01-01. ISBN 84-8108-128-0.191-198 pp.
- González, J.A. 1995. Del diluvio a las inundaciones: Mito y razón práctica ante las catástrofes. 413-438. En: González, J.A.; A. Malpica (Coords.). El agua. Mitos, ritos y realidades. Anthropos. Granada.
- González del Tánago, M., D. García de Jalón, F. Lara, R. Garilleti. 2006. Indice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la Directiva Marco del Agua. Ingeniería Civil, 143: 97-108.
- GUADALMED. 2002. Limnetica, 21: 1-204 pp.
- Gutiérrez-Yurrita P.J., J.M. Martínez, M. Ilhéu, M.A. Bravo-Utrera, J.M. Bernardo, C. Montes. 1997. Estatus de las poblaciones de cangrejos en la Península Ibérica. Geoticies [Disponible el 10/09/2010) en URL: http://www.geocities.com/Yosemite/Cabin/9849/cangrejo.

- Ibáñez, C. 2001. El impacto ambiental de los trasvases: el caso del Ebro. 245-254 pp. In: Arrojo, P. (Coord.). El Plan Hidrológico Nacional a debate. ISBN 84-88949-44-8.
- INITEC. 2006. Establecimiento de la red provisional de estaciones de referencia en ríos y embalses en aplicación de la Directiva Marco del Agua en la Cuenca del Segura. Documento de síntesis. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General del Agua. Noviembre 2006.
- Jones, J.B., P.J. Mulholland (eds.). 2000. Streams and groundwaters. Academic Press. London.
- Junk, W.J., P.B. Bailey, R.E. Sparks. 1989. The flood pulse concept. In: River-Floodplain Systems. Canadian Journal Fish and Aquatic Science. Special Publication, 106: 110-127.
- Junta de Andalucía, 2004. Plan andaluz para el control de las especies invasoras exóticas.
- Leunda, P.M. 2010. Impacts of non-native fishes on Iberian freshwater ichthyofauna: current knowledge and gaps. Aquatic Invasions, 5 (3): 239-262. dio:10.339/ai.2010.5.3.03.
- Llamas, R. 2005. Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. Discurso Inaugural. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 30 pp.
- López Moreno, J.I., S. Begueria, B. Valero Garcés, J.M. García-Ruíz. 2003. Intensidad de las avenidas y aterramiento de embalses en el Pirineo Central español. Eria, 61: 159-167.
- MA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). 2005a. Ecosystem and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute. Washington, DC.
- MA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). 2005b. Ecosystem and human well-being: Inland water systems. World Resources Institute. Washington, DC.
- Maceda-Veiga, A., A. Monleon-Getino, N. Caiola, F. Casals, A. de Sostoa. 2010. Changes in fish assemblages in catchments in north-easter Spain: Biodiversity, conservation status and introduced species. Freshw. Biol. 55: 1734-1746.
- Maestu, J., A. del Villar, D. Cabello, M. García Mollá, S. Galindo, J. M. García Asensio, E. Benito. 2007. Precios y costes de los servicios del agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Articulo 5 y anejo III de la Directiva Marco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente.
- Magdaleno, F. 2010. ¿Debe el agua de los ríos llegar al mar?. Orientaciones para una gestión medioambiental del agua en España. Estudios de progreso. Fundación Alternativas, nº 52: 69 pp.
- Mancomunidad de Canales del Taibilla. 2009. La gestión del Servicio 2008. MARM. Dirección General del Agua. 26 pp.
- MARM. 2008a. El medio ambiente y el medio rural y marino en España 2008.
- MARM. 2008b. La gestión de la sequía de los años 2004 a 2007. ISBN.- 13: 978-84-8320-419-1. (http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/ons/mapa_informe_ons/pdf/SequiaPub2004-2007.pdf).
- MARM. 2009. "Perfil ambiental España-2009".
- MARM. 2010a. El medio ambiente y el medio rural y marino en España 2009.
- MARM, 2010b. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Edición 2010 (Serie 1990-2008). Sumario de resultados. Secretaría de Estado de Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Unidad de Información Ambiental Estratégica. 34 pp.
- MARM. 2011. Boletín mensual de estadística. Secretaria General Técnica. N.I.P.O.: 770-10-243-7.
- Martínez Cachá, A. 2004. Impacto económico de las sequías en el sureste agrario español". Fundación Universitaria San Antonio. Murcia.
- Martínez de la Vallina, J. 2008. Evaluación del Impacto ambiental de las desaladoras. CONAMA'08. Congreso Nacional del Medio Ambiente. (http://www.conama8.org/modulodocumentos/documentos/CTs/CT193.pdf).

- Martínez Fernández, J., M.A. Esteve Selma (Coord.). 2009. Sostenibilidad Ambiental en la Región de Murcia. Editum. Murcia. 286 pp.
- MIMA. 2007. Síntesis de los estudios generales de las demarcaciones hidrográficas en España (http://www.mma.es/portal/secciones/acm/politica_agua/directiva_marco_aguas/Publicaciones.htm).
- MMA. 1998. Libro Blanco del Agua.
- MMA. 2007a. Ficha Técnica. Austropotamobius pallipes. Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. (R.D. 439/1990).
- MMA. 2007b. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Años 1990-2005. Comunicación a la Comisión Europea. Decisiones 280/2004/CE y 2005/166/CE. Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos. 396 pp.
- MMA. 2008. Una propuesta de Catálogo Nacional de Reservas Fluviales. Informe parcial. CEDEX. 35 pp.
- MMA-ITGE, 1977. Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación. 43 pp.
- Montes, C.2007. Hacia una hidrosolidaridad entre humanos y ecosistemas. Compluta, 53: 99-107.
- Munné, A., N. Prat, C. Solá, N. Bonada, M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.13: 147–163. DOI: 10.1002/aqc.529.
- Naiman, R.J., H. Décamps, M.E. McClain. 2005. Riparia. Ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier Academic Press. Amsterdam.
- Palau, A. 2004. La sedimentación en embalses. Medidas preventivas y correctoras. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente.
- Pereira, H. M., T. Domingos, L. Vicente, V. Proença. 2009. Ecossistemas e Bem-estar Humano. Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment. Escolae Editora. Lisboam. 734 pp.
- Pérez Picazo, M.T. 1995. Tecnología hidráulica y estructuras sociales en los campos costeros de la región murciana, 1750-1950. 329-356. En: González, J.A.; A. Malpica (Coords.). El agua. Mitos, ritos y realidades. Anthropos. Granada.
- Prat, N.; L. Puértolas, M. Rieradevall. 2008. Els espais fluvials: Manual de diagnosi ambiental. Diputació de Barcelona. Àrea d'Espais Naturals. 117 pàg.
- Programa ERHIN (1984-2008). Los glaciares españoles. Evolución reciente y situación actual.MARM.(http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/saih/pdf/los_glaciares_espanoles.pdf).
- Rabal, G. 2008. Oficios del agua: Muñidor. Revista Murciana de Antropología, 15: 459-466.
- Regueiro, M. 2007. La extracción de áridos en la Unión Europea en el marco de la estrategia del uso sostenible de los recursos naturales. http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1466.
- Ribera, I. 2000. Biogeography and conservation of Iberian water beetles. Biol. Conserv.92:131–150.
- Rivera, D., A. Verde, J. Fajardo, C. Obón, M. Heinrich (Eds.). 2006. Guía etnobotánica de los alimentos locales recolectados en la provincia de Albacete. Instituto de estudios albacetenses "Don Juan Manuel". Diputación de Albacete. Serie I. Estudios nº 167. 461 pp.
- Rockström, J., L. Kariberg. 2010. The quadruple squeeze: Defining the safe operating space for freshwater use to archieve a triply Green revolution in the Anthropocene. Ambio, 39: 257-265.
- Sanz Montero, fM.E. 2002. Aportes de sedimentos a embalses y tasas de erosión en distintos sectores de la cuenca del Ebro. Geogaceta, 32: 223-226.

- Sanz Montero, M.E., C. Avendaño, R. Cobo, J.L. Gómez. 1998. Determinación de la erosión en la Cuenca del segura a partir de los sedimentos acumulados en sus embalses. Geogaceta, 23: 135-138.
- Suarez, M.L.; Vidal-Abarca, M.R. y otros.1996. Caso de Estudio: El Humedal de Ajauque-Rambla Salada. En: Morillo,C.; J.L. González (Eds.). Management of mediterranean wetlands. III. Case studies 2. Proyecto MEDWET. Unión Europea. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Págs.: 40-52.
- Suárez, M.L., M.R. Vidal-Abarca. 2000. Aplicación del índice de calidad del bosque de ribera, QBR (Munné *et al*., 1998) a los cauces fluviales de la Cuenca del Río Segura. Tecnología del agua, 201: 33-45.
- Suárez, M.L.; M.R. Vidal-Abarca, M.M.; Sánchez-Montoya, J. Alba-Tercedor, M. Álvarez, J. Avilés, N. Bonada, J. Casas, P. Jáimez-Cuellar, A. Munné, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, M. Salinas, M. Toro, S. Vivas. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. Limnética, 21(3-4): 135-148.
- UK National Ecosystem Assessment. 2010. Preliminary synthesis and progress report on status and trends. 19 pp.
- UNESCO. 2009. Water in a changing world. The United Nations World Water Development. Report 3. 318 pp.
- Varios Autores. 2003. Plan Director de Riberas de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 309 pp.
- Varios autores. 2008. Arquitectura tradicional. Guías de Almería. Instituto de Estudios Almerienses.
- Vera Muñoz, J. 1990. Notas sobre el regadío de la Región de Murcia. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. CSIC. Murcia.
- Verde, A., D. Rivera, C. Obón. 1997. Plantas mágicas de la provincia de Albacete: Maléficas, protectoras y mágico-curativas. Al-Basit, 40: 143-156.
- Verde, A., D. Rivera, C. Obón. 1998. Etnobotánica en las Sierras de Segura y Alcaraz: Las plantas y el hombre. Instituto de estudios albacetenses "Don Juan Manuel". Diputación de Albacete. Serie I. Estudios nº 102. 351 pp.
- Verdu, J. R. y Galante, E., eds. 2009. Atlas de los Invertebrados Amenazados de España (Especies En Peligro Crítico y En Peligro). Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 340 p.
- Vilá, M., F. Valladares, A. Traveset, L. Santamaria, P. Castro. 2008. Invasiones Biológicas. CSIC. 216 pp.
- Vilá, M, C. Basnou, P. Pysek, M. Josefsson, P. Genovesi, S. Gollasch, W. Nentwig, S. Olenin, A. Roques, D.Roy, P.E. Hulme, DAISIE partners. 2009. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. Frontiers in Ecology and the Environment. Doi: 10.1890/080083.
- Ward, J.V., J.A. Wiens. 2001. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. Ecohydrology and Hydrobyology, 1: 25-36.
- WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) 2001. La situación del salmón salvaje del atlántico: Una evaluación por ríos. 27 pp.