



ESPACIO, TIEMPO Y FORMA

AÑOS 2015-2016

ISSN 1130-2968

E-ISSN 2340-146X

8-9

SERIE VI GEOGRAFÍA

REVISTA DE LA FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

UNED



ESPACIO, TIEMPO Y FORMA

AÑOS 2015-2016
ISSN 1130-2968
E-ISSN 2340-146X

8-9

SERIE VI GEOGRAFÍA

REVISTA DE LA FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/etfvi.8-9.2016>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

La revista *Espacio, Tiempo y Forma* (siglas recomendadas: ETF), de la Facultad de Geografía e Historia de la UNED, que inició su publicación el año 1988, está organizada de la siguiente forma:

- SERIE I — Prehistoria y Arqueología
- SERIE II — Historia Antigua
- SERIE III — Historia Medieval
- SERIE IV — Historia Moderna
- SERIE V — Historia Contemporánea
- SERIE VI — Geografía
- SERIE VII — Historia del Arte

Excepcionalmente, algunos volúmenes del año 1988 atienden a la siguiente numeración:

- N.º 1 — Historia Contemporánea
- N.º 2 — Historia del Arte
- N.º 3 — Geografía
- N.º 4 — Historia Moderna

ETF no se solidariza necesariamente con las opiniones expresadas por los autores.

Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI está registrada e indexada, entre otros, por los siguientes Repertorios Bibliográficos y Bases de Datos: DICE, ISOC (CINDOC), RESH, IN-RECH, Dialnet, e-spacio, UNED, CIRC, MIAR, FRANCIS, PIO, ULRICH'S, SUDOC, 2DB, ERIH (ESF).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA
Madrid, 2015–2016

SERIE VI · GEOGRAFÍA N.º 8–9, 2015–2016

ISSN 1130-2968 · E-ISSN 2340-146X

DEPÓSITO LEGAL
M-21.037-1988

URL
ETF VI · GEOGRAFÍA · <http://revistas.uned.es/index.php/ETFVI>

COMPOSICIÓN
Carmen Chincoa Gallardo · <http://www.laurisilva.net/cch>

Impreso en España · Printed in Spain



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ESPAÑA: ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN EN LA CUENCA DEL TAJO

STUDY OF WATER RESOURCES IN SPAIN: ANALYSIS AND CHARACTERIZATION IN THE TAJO BASIN

Beatriz Martínez De Teresa¹

Recepción: 01/09/2015 · Aceptación: 11/11/2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/etfvi.8-9.2016.16360>

Resumen

El agua es un factor determinante para el desarrollo de la vida, es un recurso limitado y base de vida de muchos ecosistemas acuáticos. El hombre cada vez demanda más agua debido al aumento de población y desarrollo de actividades, lo que puede conducir al recurso al límite de su disponibilidad, por una mala gestión y planificación en su uso dando lugar a una situación insostenible que creara conflictos socioeconómicos y políticos graves a nivel mundial. Por ello su análisis y caracterización son importantes y la base para crear una conciencia de uso eficiente y sostenible de este preciado bien.

Palabras clave

Agua; recursos hídricos; sostenibilidad; gestión y planificación.

Abstract

Water is crucial for the development of life factor is limited and based on life of many aquatic ecosystems resource. The man growing water demand due to population growth and development activities, which can lead to recourse to limit its availability, bad management and planning in its use leading to an unsustainable socioeconomic situation created serious political conflicts worldwide. Therefore analysis and characterization are important and the basis for creating an awareness of efficient and sustainable use of this precious commodity.

Keywords

Water; water resources; sustainability; management and planning.

1. Graduada en Ciencias ambientales, UNED. Artículo basado en el trabajo para el Curso de formación permanente: Aguas potables para consumo humano. Gestión y control de calidad, de la UNED. <beatrizmartinezdeteresa@gmail.com>.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se hace una revisión bibliográfica de los recursos hídricos de España en concreto de la Cuenca del Tajo, contexto en el que se revisaran las características del agua, los principales factores climáticos, la hidrología, la orografía, geología, disponibilidad y distribución que configuran y enmarcan la situación hídrica española, además de sus características, disponibilidad, distribución y la problemática que estos recursos experimentan.

El agua es parte de los seres vivos, en ella surgió la vida y es necesaria para vivir, dependemos de ella, es un recurso y un bien que hay que proteger y cuidar.

La distribución total del agua se dispone de la siguiente manera, un 97.5% en los océanos, un 2.5% el agua dulce (glaciares un 68.7%, aguas subterráneas 30.1%, permafrost 0.8%), un 0.4% aguas superficiales y en la atmosfera (lagos de agua dulce 67.4%, humedales 8.5%, humedad del suelo 12.2%, ríos de 1.6%, atmosfera de 8.5% y plantas y animales de 0.8%). Esta distribución presenta irregularidades a nivel mundial entre las diversas regiones del mundo, y en el tiempo, con carácter estacional.

En España, tres aspectos definen la irregularidad hidrográfica que presenta su hidrología, la irregularidad en la distribución espacial, temporal, y la ocurrencia de avenidas con caudales enormes con respecto a la media, presentando así el sistema hidrográfico español numerosas peculiaridades y fuertes contrastes.

Un rasgo peculiar de esta es la frecuente presencia de corrientes efímeras, existiendo tramos continuos con caudales permanentes y otros intermitentes con caudales efímeros en un mismo río. Se observa que no todas las escorrentías discurren hacia la red fluvial, existiendo numerosas áreas cerradas de carácter endorreico o semiendorreico, donde las aguas se retienen hasta perderse por evaporación o infiltración. En muchos casos, el 70% de la aportación anual a los ríos se concentra durante unos pocos meses, e incluso en uno solo, dando lugar a episodios de avenidas.

La característica que mejor puede definir a los ríos españoles es su irregularidad, la disimetría de las vertientes y la escasa importancia del endorreísmo y los lagos.

Otro dato a destacar es que en España, no hay grandes lagos, los hay de varios tipos debido a la diversidad climática y geológica, y la mayoría se localizan en zonas endorreicas, existiendo 2.474 lagos y lagunas. Al comparar los recursos hídricos de España con los de algún país europeo, se puede afirmar que España es un país árido, con una precipitación que equivale al 85% de la media de la Unión Europea, una evapotranspiración potencial de las más altas del continente, y una escorrentía de las más bajas.

Considerando recursos hídricos a todas aquellas fuentes de agua que son útiles o que potencialmente podrían serlo para satisfacer las necesidades humanas y medioambientales, se incluyen en la definición los recursos hídricos naturales, la aportación en ríos, el almacenamiento en embalses, datos de precipitación, el estado hidrológico de las masas de agua y volumen de agua en forma de nieve. En España se caracterizan por su escasez y su distribución que no es homogénea, ni en el espacio ni en tiempo, como ya se ha dicho. Desde la antigüedad se ha dado mucha importancia al aprovechamiento de los recursos hídricos naturales, así las grandes civilizaciones surgieron en valles fluviales, pero hay que tener en cuenta

que la disponibilidad de agua no solo depende de su abundancia natural sino de las infraestructuras para su aprovechamiento; en España por ejemplo los romanos y árabes, gracias a diferentes infraestructuras extendieron ampliamente el área de regadío.

La distribución y disponibilidad de estos recursos hídricos está condicionada por los factores climáticos y geográficos (orografía), siendo la parte norte y noroeste la que dispone de abundantes recursos y, la zona sur y este, se considera una zona seca, llegando en algunas zonas a ser su situación extrema como en las Islas Canarias y en la franja mediterránea. Así se diferencian tres grandes áreas que difieren en su distribución:

Sector septentrional y noroccidental: donde abundan los recursos, son regulares y no son limitantes. Abundan de forma natural.

Sector central: con precipitaciones modestas y situaciones de aridez en las cuencas más continentales. Hay aportaciones desde los sistemas montañosos. Las grandes cuencas interiores donde los recursos abundan de forma global pero de forma local pueden tener problemas de escasez. Los recursos pueden ser limitantes en las cuencas más meridionales (Guadalquivir).

Sector mediterráneo: con precipitaciones modestas e irregulares (sequías). Los recursos subterráneos son importantes (acuíferos carbonatados), hay una escasez natural de recursos siendo más acusado en el ámbito sudoriental.

Consecuencia de estas características es la gran diversidad de ecosistemas acuáticos y riqueza fluvial, ambiental y paisajística que hay en España, ya que el agua además es un agente modelador que conforma paisajes.

En este breve estudio se tratarán los recursos convencionales que incluyen las aguas superficiales (ríos, lagos y embalses) y subterráneas, estas proceden bien de la precipitación, del deshielo o de la descarga de los acuíferos; por lo que su cantidad depende de la climatología con las variaciones que esta presenta, a veces concentrando en un tiempo breve, un gran volumen de agua. Además a veces hay que recurrir a su regulación artificial mediante obras de ingeniería de alto impacto ambiental, como presas y embalses. En nuestro país las aguas subterráneas son un recurso hídrico muy importante, sobre todo en las zonas más secas donde es el recurso fundamental y en las zonas más húmedas es un recurso complementario a las aguas superficiales. Estas se renuevan continuamente mediante la recarga de los acuíferos, que se alimentan de precipitaciones y la escorrentía superficial y de acuíferos próximos. Los flujos de agua subterránea son muy lentos, pero son relevantes ya que son los responsables de que los cauces mantengan agua aun en los periodos en los que la precipitación escasea.

Como se ha citado antes dentro de los recursos hídricos se consideran las aguas superficiales, en la tabla 1 se observan los datos referentes a estas en España en el periodo 1940-2011. El año 1940, 1959 y 1965 se dan los tres máximos del periodo analizado y los menores valores se registran en los años 1988, 1948 y 2004.

AÑO	RECURSOS HÍDRICOS NATURALES	AÑO	RECURSOS HÍDRICOS NATURALES	AÑO	RECURSOS HÍDRICOS NATURALES
1940	378	1964	156	1988	108
1941	193	1965	341	1989	219
1942	203	1966	190	1990	189
1943	157	1967	214	1991	127
1944	132	1968	328	1992	153
1945	228	1969	260	1993	187
1946	296	1970	209	1994	142
1947	198	1971	232	1995	310
1948	119	1972	182	1996	246
1949	151	1973	187	1997	252
1950	260	1974	161	1998	122
1951	233	1975	127	1999	157
1952	170	1976	303	2000	332
1953	172	1977	278	2001	125
1954	206	1978	337	2002	264
1955	294	1979	188	2003	244
1956	134	1980	135	2004	119
1957	172	1981	160	2005	164
1958	264	1982	186	2006	220
1959	360	1983	211	2007	141
1960	286	1984	242	2008	191
1961	324	1985	184	2009	347
1962	315	1986	143	2010	219
1963	297	1987	285	2011	105

TABLA 1. RECURSOS HÍDRICOS EN ESPAÑA, AGUAS SUPERFICIALES (MM).
Elaboración propia. Fuente: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Los recursos hídricos naturales renovables incluyen la aportación total de agua a un territorio mediante el ciclo hidrológico, que es la suma de la aportación superficial que discurre por la red fluvial y la aportación subterránea. Es un buen indicador

para la planificación hidrológica ya que a partir de él se puede estimar el recurso hídrico disponible en un territorio. En la tabla 2 se muestran los datos para España según demarcación hidrográfica (DH), para los periodos de 1940/41-2009/10 y 1940/41-2011/12 la DH Miño-Sil es la que presenta mayores recursos hídricos, y la de menor la del Segura, para España. En los años hidrológicos ocurre lo mismo.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	PERIODO 1940/41-2009/10	PERIODO 1940/41-2011/12	AÑO HIDROLÓGICO 2009/10	AÑO HIDROLÓGICO 2011/12
Total España	216,29	214,8	346,99	105,0
Miño-Sil	729,18	724,5	1.155,31	316,5
Tajo	171,08	169,8	302,44	66,9
Ebro	186,69	184,9	185,66	50,1
Segura	53,18	52,9	134,18	31,3

TABLA 2. RECURSOS HÍDRICOS NATURALES MEDIOS (L/M²) POR PERÍODOS SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadística, 2013.

Los recursos hídricos no convencionales engloban el agua marina desalada, el agua residual depurada, la explotación y rellenado de acuíferos, el agua fluvial procedente de trasvases entre cuencas, la captura de rocío y, la captura y almacenamiento de aguas de escorrentía en tormentas. En algunas zonas como en la zona mediterránea española, el uso de estos ha tomado gran importancia por factores como la imposibilidad de satisfacer una demanda cada vez mayor, la escasez del recurso en el territorio y otros tan importantes como una mayor sensibilización ante el problema de la contaminación ambiental y el uso racional de los recursos. Este problema de escasez al que a veces se suma el problema de la calidad de las aguas, es mayor en las zonas áridas, por citar algún ejemplo de estos recursos, el agua regenerada es una fuente alternativa muy válida para muchos usos que no requieren agua potable ni de elevada calidad. Puede emplearse para usos urbanos, agrícolas, industriales, recreativos y ambientales, según el Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de aguas depuradas. Mediante el proceso de regeneración se elimina los contaminantes y se aplica tras los tratamientos básicos de depuración de agua.

En España se obtienen unos 200 hm³ anuales y se utilizan sobre todo para riego, pero esta técnica es escasa debido al rechazo de los potenciales usuarios. En la tabla 3 se muestra la capacidad de reutilización instalada en las demarcaciones hidrográficas, observando que la DH del Tajo es la que mayor capacidad de reutilización presenta, seguida muy de cerca por las cuencas mediterráneas andaluzas y de lejos por la DH del Guadalquivir.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA (DH)	CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN
Total	2.771.912
Tajo	331.013
Cuencas mediterráneas andaluzas	323.898
Ebro	75.776
Guadalquivir	26.216

TABLA 3. CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN M³/DÍA. Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua.

En la parte española de la DH Tajo, en 2009 existen 36 estaciones depuradoras con capacidad para regenerar 103 hm³/año, de los que se reutilizan 10 hm³/año, siendo el caudal depurado en dichas instalaciones de 453 hm³/año. Además existen 33 instalaciones con capacidad para depurar por lo menos 1 hm³/año, pero que no regeneran el agua actualmente. Sumando en conjunto un volumen depurado de 231 hm³/año, que añadido al depurado por las estaciones alcanza un total de 684 hm³/año en toda la Demarcación Hidrográfica, de los que el 96% se depura en la Comunidad de Madrid con un total de 655 hm³/año.

Por su parte la desalación también tiene su importancia en este aspecto, en los últimos años se ha experimentado un gran desarrollo en esta tecnología, a un precio que permite que sea una fuente de recurso de elevada calidad y valor en las zonas donde el agua es escasa. Mediante la desalación de agua de mar y salobre se obtienen unos 200 hm³ anuales, datos que sitúan a España a la cabeza dentro de Europa en cuanto a volumen desalado.

En la tabla 4 se resume, por comunidades autónomas, el número de desaladoras existentes y el volumen de agua que puede desalarse en estas instalaciones. Canarias encabeza el número de instalaciones y la Comunidad Valenciana. Mientras que en la capacidad instalada destaca Andalucía, Comunidad Valenciana y Canarias. Datos que confirman lo que se ha comentado antes de que en España esta técnica esté más desarrollada e implantada en zonas donde escasea el agua. No hay que olvidar que esta técnica tiene actualmente inconvenientes que habría que solucionar para mejorar su uso como por ejemplo reducir los altos costes energéticos que tiene.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CAPACIDAD INSTALADA	Nº INSTALACIONES
Comunidad de Madrid	800	7
Región de Murcia	454.698	71
Comunidad Valenciana	714.080	87
Andalucía	757.368	61
Canarias	671.602	317
Cantabria	340	2

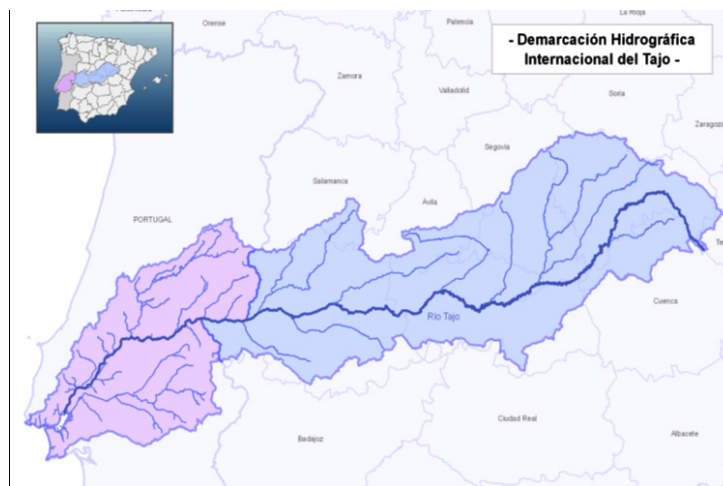
TABLA 4. DESALADORAS EXISTENTES Y EL VOLUMEN DE AGUA (M³/DÍA).
Elaboración propia. Fuente: CEDEX.

A pesar de estos alentadores datos en la actualidad la utilización de los recursos no convencionales supone un 1%, cifra muy baja y que no ayuda a solucionar los problemas de escasez existentes. Además estos problemas de escasez conllevan a otros como la reducción en los caudales de algunos ríos, contaminación de acuíferos y pérdida de humedales, entre otros.

En el presente estudio estos datos sobre los recursos hídricos que se han tratado de forma general se reflejarán en el área de la Cuenca del Tajo, ver Mapa 1. Según el plan hidrológico de la cuenca, que más adelante se tratará, se han definido 323 masas de agua superficiales, por citar algunas, en el sistema de explotación de Alagón se definen 28 masas de agua, en el Bajo Tajo 44, en el Tajuña 9, en el sistema de cabecera 48 y 57 entre el Jarama y Guadarrama.

2. CUENCA DEL TAJO

La cuenca hidrográfica del Tajo en su parte española limita con las cuencas del Duero al norte, Ebro y Júcar al este y Guadiana al sur, con una superficie de unos 55.781 km². La cuenca del Tajo sigue por el oeste a Portugal, donde se conoce como Demarcación Hidrográfica «Tejo e Riberas do Oeste» con una superficie de unos 25.666 km², lindando con las cuencas «pequenas ribeiras do Oeste», «Lis», «Mondego», «Douro», «Guadiana» y «Sado», considerada cuenca internacional sujeta al Convenio de Albufeira. Se extiende por cinco Comunidades Autónomas, un total de once provincias, destacando las capitales Madrid, Toledo, Guadalajara y Cáceres. En Castilla-La Mancha, por ejemplo, su extensión equivale a una superficie ocupada del 48% y en la Comunidad de Madrid, representa una superficie del 14 %, mapa 1.



MAPA 1. DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL DEL TAJO. Fuente: Plan hidrológico del Tajo.

En el aspecto geológico y geomorfológico, la cuenca del Tajo es una de las grandes cuencas geológicas de la meseta ibérica, se localiza en la submeseta meridional, y su red de drenaje, de forma alargada, se orienta hacia el Atlántico.

Fisiográficamente hablando los bordes de la cuenca son desiguales, los Montes de Toledo al sur alcanzan cotas en torno a los 1600 m s.n.m., al norte los cordales del Sistema Central sobrepasan los 2000 m s.n.m., y el sector central tiene cotas mucho menores, muy variables, disminuyendo desde el extremo noreste hacia el borde occidental por ejemplo en los llanos de La Alcarria donde las cotas están próximas a los 900 m s.n.m. y en Aranjuez están por debajo de los 500 m s.n.m., desembocando ya en el estuario del mar de la Paja, estuario próximo a Lisboa.

El gradiente oeste-este marca la distribución de la vegetación, donde la influencia atlántica es mayor en el oeste, más húmedo y menor en el este. Las comunidades más características son abedulares, alisedas, loreras, mimbreras, fresnedas, alamedas, tamujares, brezales.

En cuanto a la fauna hay variedad pudiendo observarse dentro de los vertebrados, unos 66 mamíferos, 198 aves nidificantes, 26 reptiles, 18 anfibios y 29 peces.

La parte española de la cuenca es drenada por más de 63.000 km de cauces. Los ríos de mayor longitud de la cuenca son el Tajo, Tajuña, Alagón, Jarama y el Alberche. La red de tributarios del Tajo es muy disimétrica, aportando caudales más abundantes los del margen derecha, que recogen las aportaciones del Sistema Central y de la cordillera Ibérica, estos son el Jarama, Alberche, Tiétar y Alagón en la parte española; y en la parte portuguesa el Zêzere y Erjas. Mientras que en la margen izquierda son por lo general cortos y de aguas escasas, son el Guadiela, Almonte, Salor, y en la parte portuguesa el Sorraia y en la frontera el Sever. En estos las aportaciones principales provienen de la Sierra de Gredos y del resto de macizos del Sistema Central. Posee 89 presas de más de un hectómetro cúbico y 130 presas con capacidades inferiores al hectómetro cúbico, que permiten que la capacidad de regulación, de 10.177 hm³, sea similar a la aportación superficial media anual.

2.1. RIO TAJO

El río Tajo se sitúa en la zona central de la Península Ibérica y tiene una extensión total de 504.750 km². Es un río transfronterizo, cuya cuenca hidrográfica es compartida con Portugal, y el más largo de la península ibérica con una distancia total de 1.092 km de los que 857 km están en la parte española. Pertenece a la vertiente atlántica de superficie 285.000 km², frente a la mediterránea de 181.000 km² y la cantábrica de 25.000 km², según el SIA (Sistema Integrado de Información del Agua).

Nace en los Montes Universales, en la Sierra de Albarracín, hasta la frontera portuguesa en Cedillo, atraviesa las provincias de Teruel, Guadalajara, Madrid, Toledo y Cáceres. El tramo alto del río es de aguas rápidas y limpias, donde destacan los escarpes y cortados rocosos de sabinares y pinares, paisajes de fondo de valle, con grandes bosques de pino laricio, bosques de ribera, y olivares. Son zonas protegidas dentro del Parque Natural del Alto Tajo, algunas son refugio de aves rapaces, como el águila real, el águila perdicera, el alimoche y el buitre leonado. De la montaña descende a la meseta, los densos pinares son sustituidos por las encinas y sabinas, campos de trigo y cebada. A lo largo de su recorrido se destacan espacios de interés natural con diferente régimen de protección, entre las que se destacan: el Parque

Natural del Alto Tajo, la Sierra de Altamira, el Río Tajo en Castrejón; Embalse de Valdecañas; Reserva Natural del Carrizal de Villamejor; Sierra de las Villuercas y Valle del Guadarranque; Parque Nacional de Monfragüe; Embalse de Alcántara; Colonias de Cernícalo Primilla de Garrovillas; Pinares de Garrovillas; Parque Natural del Tajo Internacional; Ribera de Membrío; Zona de Interés Regional Sierra de San Pedro.

Atraviesa ciudades históricas como el Real Sitio y Villa de Aranjuez, la ciudad imperial de Toledo, Talavera de la Reina y Alcántara. También conventos y monasterios, como el convento de San Benito, y diversos castillos como el de Fuentidueña. También puentes de la época medieval o romana, como el de Alcántara y el puente de Alconétar; además de vestigios de calzadas romanas como la del río Uso y yacimientos arqueológicos (Camino natural del Tajo, Magrama).

Tras un breve análisis de la geografía del área de estudio se mencionan las características del agua en España.

3. EL AGUA EN ESPAÑA

El volumen de agua disponible potabilizada en España es de 4.902.209 miles de m³, en la Comunidad de Madrid este dato es de 548.618 miles de m³, la comunidad que menor volumen dispone es, en la península, La Rioja con 46.768 miles de m³ y Ceuta y Melilla con 21.497 miles de m³. La que mayor volumen tiene es Andalucía con 864.593 miles de m³.

La captación es de 3.562.119 miles de m³, las aguas superficiales suponen aproximadamente unos 2.402.343 m³, las aguas subterráneas 1.057.111 m³ y la desalación 102.665 m³. El volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público es 4.485.264 m³.

El volumen total de agua registrada y distribuida a la red de abastecimiento público es de 4.485.26 miles de m³ para España, por tipo de usuario es de 3.338.028 miles de m³.

Andalucía es la comunidad con mayor volumen de agua suministrada (792.450 miles de m³) y la que menos Ceuta, Melilla y La Rioja (37.274 miles de m³).

Los hogares a nivel de España, representan unos 2.308.872 miles de m³ y los sectores económicos 711.170 miles de m³, bastante menos. Andalucía es la comunidad con mayor volumen distribuida en hogares y por sector económico, con un volumen de 126.719 miles de m³ y 389.257 miles de m³, respectivamente y La Rioja la de menor volumen distribuido en hogares (15.219 miles de m³), a su vez Extremadura es la comunidad peninsular de menor volumen distribuido en el sector económico (6.859 miles de m³).

El volumen de aguas residuales tratadas 13.592.255 m³/día y el volumen total de agua reutilizada 1.502.614 m³/día. Andalucía de nuevo es la de mayor volumen de agua residual tratada (2.330.840 m³/día) y La Rioja (138.318 m³/día) la que menos. Para el volumen total de agua reutilizada, la Comunidad Valenciana es la que maneja mayor volumen (739.726 m³/día) y la que menos con 0 m³/día Navarra, La Rioja y Extremadura. Según la encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua en el año 2012 realizada por el INE.

En la Comunidad de Madrid estos datos son de 529.064 miles de m³, aguas superficiales 510.832 miles de m³, aguas subterráneas 18.232 miles de m³ y la desalación 0 miles de m³. El volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público es de 526.020 miles de m³, con unas pérdidas reales de 31.968 miles de m³. El volumen total de agua registrada y distribuida por tipo de usuario es de 429.556 miles de m³, de lo que los hogares representan unos 315.483 miles de m³ y los sectores económicos 85.034 miles de m³. El volumen de aguas residuales tratadas 1.570.983 es de m³/día y el volumen total de agua reutilizada de 31.160 m³/día. Datos que hay que analizar.

El volumen real de agua perdida en su distribución es de 710.942 miles de m³ en España, la comunidad con mayores pérdidas es Andalucía con 125.439 miles de m³ y la que menos Ceuta, Melilla y La Rioja (6.481 miles de m³).

En el gráfico 1 se muestra el agua perdida en su distribución, expresada en miles de hm³ en el periodo de 1999-2011, para las comunidades de Madrid, Castilla La Mancha y Extremadura, referidas al total de España y citando estas por encontrarse en la Cuenca del Tajo, entre otras. El análisis de la cantidad de agua perdida en su distribución es importante para poder evitarlas y establecer medidas. En el periodo analizado desde 1999 el mayor valor se registró en 2000 y desde entonces ha descendido con altibajos, ascendiendo esta cifra en los años 2004, 2008 y 2010. De las tres comunidades citadas Madrid es la que presenta mayores pérdidas de agua en su distribución, seguida por Castilla La Mancha.

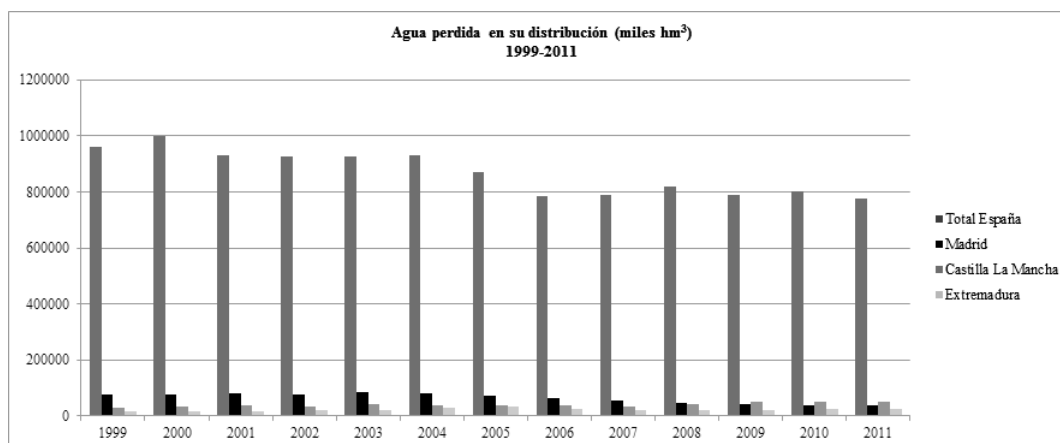


GRAFICO 1. AGUA PERDIDA EN SU DISTRIBUCIÓN. Elaboración propia. Fuente: INE.

A continuación se expone la información cuantitativa sobre los recursos hídricos de España y en concreto de la cuenca del Tajo.

3.1. BALANCE HÍDRICO

El balance del año hidrológico 2012/13 es de un valor de precipitación de 32.907,87 hm³, evapotranspiración de 19.644,54 hm³, aportación a Portugal de 7.860 hm³, abastecimiento y acuíferos de 1.281,01 hm³, riegos de 2.077,66 hm³, trasvase Tajo-Segura de 384,97 hm³, y en el embalse de Cedillo, en la frontera con Portugal, se

ha desaguado a este país un total de 7.844,94 hm³. Hay reseñar que el volumen de los embalses se incremento en 1.660 hm³. Las precipitaciones en forma de nieve han sido muy superiores a las del año anterior y, en algunos meses se supero a los registros del año hidrológico medio. El máximo valor obtenido fue de 119,23 hm³ de agua equivalente, en el mes de enero.

En el año hidrológico, el conjunto de los embalses principales almacenaba 4.423 hm³ (40%) de los 11.012 hm³ de capacidad total (40,18%) a fecha 1.10.2012, y a 30.9.2013, unos 6.083 hm³ que representa un 55% de la capacidad teórica máxima, según los datos de la Memoria Anual de Cuenca del Tajo.

El volumen de agua registrado en forma de nieve en el periodo 2002-2014 se aprecia en la tabla 5 donde se indican los recursos hídricos, el volumen de agua en forma de nieve para el total de España y demarcaciones hidrográficas. En la Grafica 2 también se muestra este volumen pero para el periodo 2009-2014. En el periodo analizado de 11 años, los años 2009, 2014 y 2006 son los que registran el mayor volumen. Y los de menos valor respectivamente 2012, 2008 y 2007.

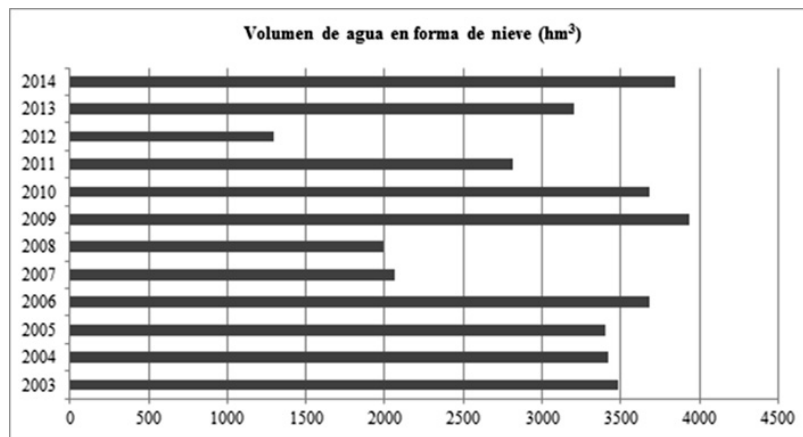


GRAFICO 2. VOLUMEN DE AGUA EN FORMA DE NIEVE EN ESPAÑA (HM³), 2009-2014.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MEDIA 2002-14	VOLUMEN 2014
Total España	3.102,9	3.837,0
Tajo	118,0	179,0
Ebro	1.324,0	2.172,0
Guadalquivir	23	21

TABLA 5. VOLUMEN DE AGUA EN FORMA DE NIEVE SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA, HM³. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadística 2013.

A fecha de 2012 en España, las aguas superficiales suponen 15.120.576 miles de m³, las aguas subterráneas 4.225.883 miles de m³ y 312.090 miles de m³ otros recursos hídricos (datos del INE).

Los recursos hídricos en España en su mayoría proceden de las precipitaciones que alimentan las aguas superficiales y acuíferos. De la precipitación solo se aprovecha el 33% por la fuerte evaporación, y de lo que queda se aprovecha menos del 50%.

Como se aprecia en la tabla 5, el volumen de agua en forma de nieve en 2014 fue superior al de la media de 2002-2014, observando grandes diferencias entre cuencas. En la península la DH Guadalquivir es la menor valor registra, y la del Ebro la de mayor valor.

Los valores sobre aportación registrados en el periodo 1940/41- 2009/10, indicados en la tabla 6, consideran la aportación como el volumen de recursos hídricos totales que se generan en régimen natural en cada demarcación. Puede observarse que en lo referente a los tres valores, la DH Ebro registra la mayor aportación mínima y media pero la máxima se registra en la DH Guadalquivir.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
Total España	108	216	378
Tajo	45	171	377
Ebro	102	187	304
Guadalquivir	20	141	404

TABLA 6. APORTACIÓN ESPECÍFICA ANUAL (MM), 1940/41- 2009/10. ELABORACIÓN PROPIA.
Fuente: Libro digital del agua.

Al igual que sucede con la precipitación, la aportación varía a lo largo del año como indica el gráfico 3 que representa los valores medios mensuales de aportación específica en España para el periodo entre 1940/41-2009/10. Registrándose el mayor valor en el mes de abril y marzo, y el menor en noviembre y octubre.

Los datos sobre recursos hídricos totales se indican en la tabla 7 observando que la DH Ebro tiene los mayores valores mínimo, medio y máximo, y la que menos la DH Guadalquivir, de las DH seleccionadas.

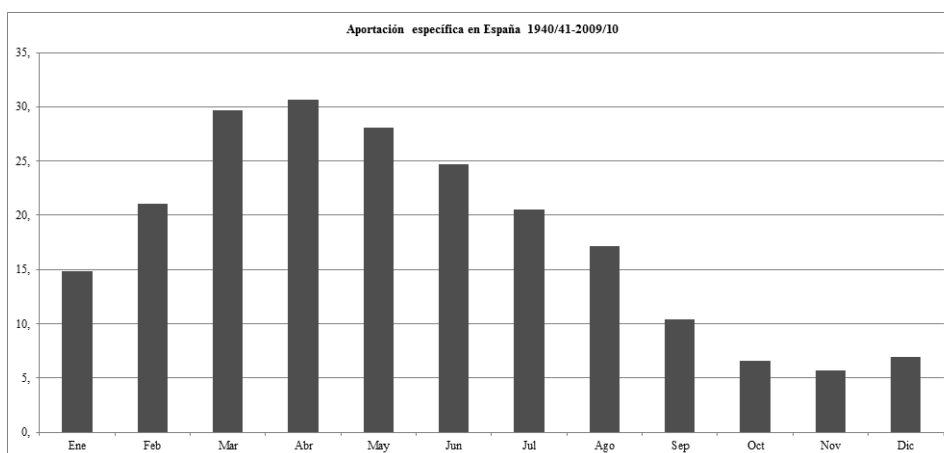


GRAFICO 3. APORTACIÓN ESPECÍFICA (MM) EN ESPAÑA PARA EL PERIODO ENTRE 1940/41-2009/10.
Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
Total España	54.722	109.512	191.240
Tajo	2.499	9.540	20.996
Ebro	8.742	15.975	25.984
Guadalquivir	1.135	8.070	23.111

TABLA 7. RECURSOS HÍDRICOS TOTALES EN RÉGIMEN NATURAL (HM³/AÑO), 1940/41- 2009/10.
Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua

Al hablar de la media de recursos hídricos los datos cambian, la media del periodo la presenta la DH Ebro pero la media del último año indicado la presenta la DH del Guadalquivir.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA TERRESTRE	RECURSOS HÍDRICOS MEDIA 1940/41-2009/10	RECURSOS HÍDRICOS MEDIA 2009/10
Total España	216,29	346,99
Tajo	171,08	302,44
Ebro	186,69	185,66
Guadalquivir	141,01	403,84

TABLA 8. RECURSOS HÍDRICOS MEDIA 1940/41-2009/10 (L/M²).
Elaboración propia. Fuente: CEDEX.

El valor medio de la escorrentía total en España, estimado mediante el modelo SIMPA en el periodo entre 1940/41-2009/10, es de 216.29 mm, equivalentes a 109.488 hm³.

En la cuenca del Tajo la proporción respecto al total de la cuenca de la escorrentía total de cada sistema de explotación en 2011 según datos del Plan Hidrológico nacional, un 12% representa el Jarama y Guadarrama, 7% el Rio Alberche, un 17% el Tiétar, un 17% Alagón, con un 17% también el Bajo Tajo, un 13% el sistema de cabecera y un 6% el Rio Henares.

Con respecto a las aguas subterráneas, el acuífero más importante es el detrítico del terciario, sus aguas son de gran calidad por lo que es considerado un «recurso estratégico» utilizando sus aguas como aporte complementario en periodos de escasez. Tiene una capacidad de aportación de entre 62 y 85 millones de m³ en un año de sequía.

Hay instalada una red de pozos operativos que van desde los 250 y los 700 metros de profundidad para su aprovechamiento. Hay que tener en cuenta que por cada año de bombeo hay que dejar recuperarse el acuífero durante 2-4 años.

Algún año nuestro país ha experimentado déficit hídrico, lo que repercute al territorio de una forma global, lo afecta medioambientalmente, a la sobreexplotación de acuíferos ocasionando la intrusión marina, a la reducción de zonas húmedas y

de las aportaciones fluviales, más acusado en humedales y ecosistemas fluviales lo que conlleva al deterioro en la calidad de estos recursos y en la pérdida en la calidad ecológica del territorio, disminuyendo el valor de los paisajes incluso pueden llegar a desaparecer especies asociadas a estos ecosistemas; puede causar eutrofización de embalses y humedales, agotamiento de manantiales y surgencias, y hasta un aumento de la presión agrícola en zonas donde hay una mayor disponibilidad de agua.

En algunas áreas del sudeste de la península donde el déficit es más grave hay una desaparición casi total de los ecosistemas húmedos de agua dulce.

Algún año este déficit se ha registrado por causas como la distribución irregular de los recursos y de la demanda, por pérdidas en la distribución de agua o porque el agua embalsada es en ocasiones insuficiente y a lo que hay que sumarle los problemas que puede ocasionar el cambio climático y que más adelante se verán. Este dato varía entre cuencas y según años. Este problema se intenta solventar de forma que las autoridades evalúan al mismo tiempo la cantidad y calidad del agua, coordinando acciones conjuntas y esfuerzos de gestión internacional.

3.2. EL AGUA EN CIFRAS

La cuenca del Tajo tiene una superficie de 55.870 Km², que en España representa un 11.03%. A rasgos generales la precipitación media del Tajo en España es de 655 mm, en España de 684 mm, lo que es un 95.76% del Tajo/España. Los recursos hídricos en régimen natural del Tajo en España son 11.235 hm³, en España esta cifra es de 113.812 hm³, y en 9.87% Tajo/España. Tiene una aportación específica de 0.219 hm³/Km², en España 0.225 hm³/km², y de 97.33% hm³/km². La aportación media el total de la cuenca del Tajo, incluyendo las aportaciones totales en las masas de agua transfronterizas, en el periodo 1940-2006 es de 10.210 hm³. La capacidad de embalse del Tajo en España es de 12.000 hm³, en España de 56.063 hm³ y en relación Tajo/España de 21.40%. La escorrentía subterránea en el Tajo es de 1.565 hm³, en España de 20.881 hm³ y en relación Tajo/España de 7.49%. España cuenta con una importante cantidad de agua subterránea, 27.000 hm³, que está siendo extraída para uso agrícola (75%), urbano (20%) e industrial (5%). La extracción de agua subterránea se ha incrementado en los últimos años de 500 hm³ en 1900 a 5.600 hm³ en 1996. Las reservas subterráneas en el Tajo son de 4.700 hm³, en España de 180.000 hm³ y relación Tajo/España 2.61% en España la escorrentía media anual es de 220 mm, lo que supone una aportación de unos 111.000 hm³ al año. Esta aportación incluye la de la red fluvial 109.000 hm³/año y la subterránea 2.000 hm³/año.

En la Cuenca la utilización directa del agua subterránea es inferior a la media nacional, en la que hay delimitadas 24 masas de agua subterránea, ninguna compartida con Portugal. Pero en esta hay un proceso natural de interacción entre las fases superficial y subterránea, pudiendo hablar de una explotación conjunta.

3.3. USOS DEL AGUA

Dentro de los usos del agua, la demanda depende de factores como la población, las actividades económicas, el nivel de vida y de la eficiencia de los sistemas. El término demanda se refiere al volumen de agua que uno o varios usos necesitan en un territorio y periodo de tiempo determinados, se expresa en $\text{hm}^3/\text{año}$. Así el consumo es la parte de la demanda que no retorna al sistema hidráulico, siendo la diferencia entre la demanda y el consumo el retorno, que es el volumen que se reincorpora al sistema hidráulico. Y la dotación, es el volumen que cada habitante consume en un periodo de tiempo determinado, que también dependen del nivel de renta, las políticas tarifarias y la eficiencia de las redes de suministro, además de por ejemplo del nivel de concienciación de la población respecto a la conservación y ahorro de agua.

Las cifras de consumo varían mucho de un lugar a otro, mientras que en Estados Unidos el consumo medio de agua es de 575 l/persona día, en Mozambique es de 10 l/persona día, en España este es de 166 l/persona día.

El Comité Económico y Social de las Naciones Unidas, aprobó en 2002 la Observación General nº15, en el que se cuantifican las necesidades básicas, es decir, el volumen mínimo de agua por persona que hay que garantizar para los criterios de suficiencia, salubridad, accesibilidad y asequibilidad, estimados por ejemplo para bebida en 5 l/hab/día, saneamiento 25 l/hab/día, higiene 15 l/hab/día y alimentos en 10 l/hab/día, datos que habría que tener en cuenta a nivel internacional.

Estimar las demandas es muy necesario a la hora de elaborar la planificación hidrológica ya que está muy relacionado con la extracción de agua que es una presión sobre los recursos y los ecosistemas acuáticos, por lo que parece interesante analizarlas. Además conlleva un uso muy focalizado de los recursos hídricos y produce importantes alteraciones a los cauces que terminan trasladándose aguas abajo.

Los tres usos principales del agua son el abastecimiento a la población (doméstico, industrial y servicios), la demanda industrial y el regadío. La legislación establece un orden y preferencia según la repercusión social de este, en este orden abastecimientos a poblaciones, riegos, energía y uso industrial. En general la demanda mayoritaria en la cuenca del Tajo es la agraria seguida de la urbana y la industrial, pero por ejemplo en comparación con otras demarcaciones hidrográficas es menor que la DH Duero, Ebro y Guadiana, por citar algunos. Por su parte la demanda urbana es mayor en las DH de las cuencas internas de Cataluña, País Vasco y Baleares. Y la demanda industrial es menor que la de las DH del Guadalquivir, Miño-sil y Cantábrica.

En la tabla 9 se muestra la distribución del agua de la red pública de abastecimiento según sectores en el periodo de años de 1996-2011. El volumen total tiene su máximo en 2004 y 2003, coincidiendo con los valores máximos de distribución a hogares, al sector industrial menos con el consumo municipal registrados en 2001 y 2003. Los valores mínimos se registran en 1996 para todos, a partir del cual se incrementan todos los registros.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Volumen total	980	3.229	3.375	3.536	3.782	3.871	3.856	4.020
Hogares	2.096	2.198	2.289	2.368	2.482	2.460	2.512	2.603
Sector económico (industria, servicios, ganadería)	614	669	709	755	840	920	891	933
Consumo municipal	367	362	377	413	459	491	453	483
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Volumen total	4.042	4.002	3.913	3.778	3.731	3.501	3.393	3.381
Hogares	2.701	2.674	2.616	2.544	2.540	2.494	2.413	2.384
Sector económico (industria, servicios, ganadería)	969	948	911	852	833	702	675	693
Consumo municipal	372	381	386	382	359	305	305	304

TABLA 9. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE LA RED PÚBLICA DE ABASTECIMIENTO SEGÚN SECTORES (HM³), 1996-2011. Elaboración propia. Fuente: INE. Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua.

Los datos de demanda por sector según demarcación hidrográfica se muestran en la tabla 10. en la que se aprecia que la demanda agraria es la mayoritaria con respecto a la urbana e industrial, siendo la DH Ebro la de mayor valor en la demanda agraria en España, seguida de la del Duero. En la demanda urbana la DH Tajo es la mayoritaria seguida por la DH por las cuencas internas de Cataluña, y la que menos DH Tinto, Odiel y piedras. Y para la demanda industrial la DH Ebro tiene el mayor valor y el menor en esta demanda la DH Duero.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	DEMANDA AGRARIA	DEMANDA URBANA	DEMANDA INDUSTRIAL
Cantabria oriental	2	265	217
Cuencas internas Cataluña	371	681	295
Tinto, Odiel y piedras	102	34	46
Tajo	1.875	768	25
Ebro	6.281	312	413
Guadalquivir	2.851	434	55
Duero	3.603	214	10

TABLA 10. DEMANDA DE AGUA POR SECTOR Y DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA (HM³/AÑO), 2000. Elaboración propia. Fuente: CEDEX y Marm.

Estos valores desglosados según demandas se pueden observar en la gráfico 4, donde se confirman los datos vistos anteriormente en la tabla 10 de que la demanda de regadío tanto en España como en la DH Tajo es la de mayor volumen.

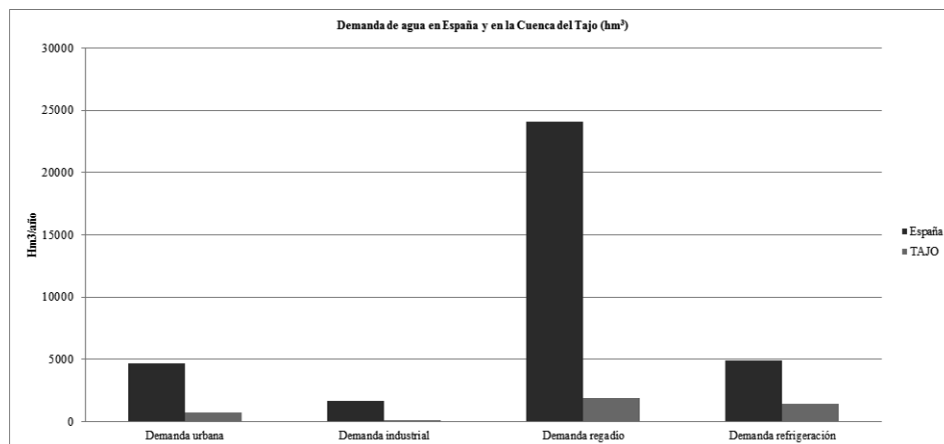


GRAFICO 4. DEMANDA DE AGUA EN ESPAÑA Y EN LA CUENCA DEL TAJO (HM³).
Elaboración propia. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Diferentes proyecciones futuras estiman las demandas futuras probables en los años 2021 y 2033, todas seguirán creciendo, siendo el total de la demanda en 2021 de 2.859,23 hm³, de la que 864,38 hm³ corresponde a uso urbano y 1.841,46 hm³ a uso agrario, 66,61 hm³ a demanda industrial y 86,78 hm³ a la demanda de energía. Para 2033 estos datos aumentan, con un total de 2.984,53 hm³, 931,16 hm³ al uso urbano, 1.899,18 hm³ al uso agrario y el mismo dato, 86,78 hm³, a la demanda de energía.

3.3.1. Demanda urbana

El municipio de Madrid supone los mayores volúmenes de abastecimiento dentro de la Cuenca del Tajo, un 97,6% de la población de la cuenca, seguidos de Guadalajara, Toledo, Talavera de la Reina y Cáceres, refiriéndose a dentro de la cuenca de estudio. La población abastecida por el agua de la cuenca es del orden de 11,5 millones de habitantes. El agua que se consume en la ciudad de Madrid y en la mayor parte de la región proviene de las aportaciones de los ríos de la Sierra del Guadarrama: Alberche, Guadarrama- Aulencia, Guadalix, Manzanares, Lozoya, Jarama y Sorbe, fundamentalmente de los embalses situados en los ríos Jarama, Manzanares y Alberche, gestionados por el Canal de Isabel II.

En general en la actualidad se estima que de los recursos superficiales proceden unos 739 hm³/año y de las aguas subterráneas unos 48 hm³/año. En este suministro algunos expertos estiman que por fugas, evaporación y otras pérdidas, entre el 50% al 70% de agua extraída se desperdicia, y estas podrían reducirse hasta un 15%.

Pero esta demanda tiene una gran heterogeneidad, su consumo está ligado al nivel de vida pero condicionado por las políticas tarifarias y, por la eficiencia y sistemas de gestión de las redes de suministro, dependiendo su valor de las cifras de población, observándose que la evolución en la demanda es de forma moderada en consonancia con su crecimiento pero incrementándose en las zonas turísticas. La tendencia actual es hacia una estabilización de las dotaciones de agua en los municipios pero si se analiza la evolución histórica de los valores de dotaciones

en los países desarrollados se observa una tendencia creciente en las poblaciones pequeñas y decrecientes, salvo algunas excepciones, en las poblaciones de mayor tamaño. Surgiendo el problema cuando en estas áreas, que algunas suelen coincidir con zonas de escasez de recursos naturales hídricos, hay una fuerte demanda lo que junto a la garantía que se debe satisfacer y a que los recursos han de ser de calidad, aumentan el riesgo. El turismo y la segunda residencia generan en muchas zonas de nuestro territorio una apreciable demanda de agua, que en algunos casos puede superar a la correspondiente a la población fija, con un marcado carácter estacional; siendo relevante a escala local pero no nacional.

En las áreas costeras el agua destinada a consumo de turismo y para agricultura es mayor, lo que ha generado una mayor explotación del agua subterránea y provocado que los acuíferos estén en mayor o menor medida salinizados, en zonas del Mediterráneo, desde Cataluña hasta Andalucía, y en Baleares y Canarias. Éste se ha incrementado de manera notable en todas las cuencas, ya que en muchas de estas zonas abundan las piscinas, jardines y campos de golf, con un retorno muy inferior, menos del 50%, al del abastecimiento urbano convencional, del 80%, lo que incrementa notablemente su incidencia sobre el volumen final de recursos hídricos disponibles.

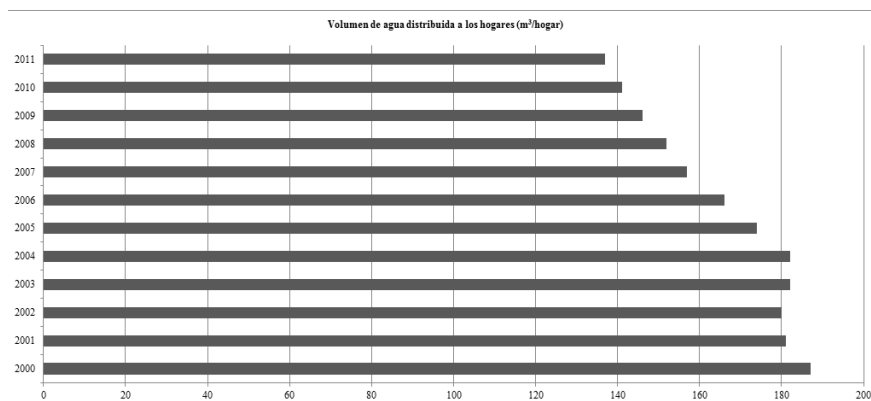


GRÁFICO 5. VOLUMEN DE AGUA DISTRIBUIDA A LOS HOGARES (M³/HOGAR), 2000-2011.

Fuente: Elaboración propia. Fuente: INE (Encuesta sobre suministro y tratamiento de agua) y Eurostat.

En el gráfico 5 se observa la evolución entre 2000-2011 del agua distribuida a los hogares que ha pasado de 187 litros por hogar de 2000 a los 137 litros por hogar en 2011, lo que significa una reducción de un 26,5%. Mientras que el número de hogares se ha incrementado un 30,6% en este periodo. A su vez en el gráfico 6 se representa el Consumo medio de agua por habitante y día, en litros en el periodo 1996-2011, con un máximo en 1997 y un mínimo en 2011, datos más que positivos ya que indican una concienciación por parte de la población española en el ahorro de agua en el hogar.

El consumo medio de agua entre 1996 y 2013 también ha variado y muestra altibajos, con máximos en los años 2005, 2001 y 2004, respectivamente. Y mínimos en 2011, 2010 y 1996.

En el siguiente gráfico 7, y gracias a los datos del Anuario de estadística 2013, se han representado los datos de las comunidades por las que discurre el Tajo en

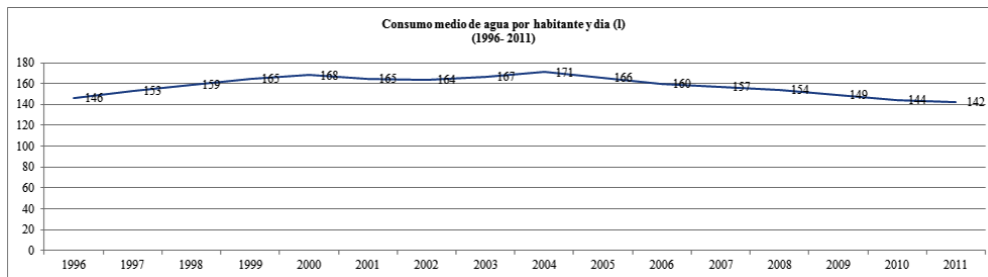


GRAFICO 6. CONSUMO MEDIO DE AGUA POR HABITANTE Y DÍA (L), 1996- 2011. Fuente: Elaboración propia. Fuente: INE (Encuesta sobre suministro y tratamiento de agua).

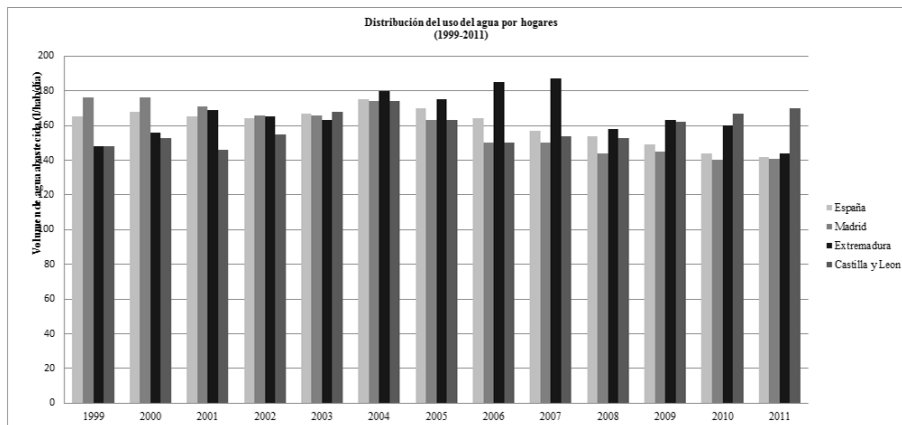


GRAFICO 7. DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL AGUA POR HOGARES (1999-2011). Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadística 2013.

España y en referencia a los datos totales de España, apreciando que el agua abastecida en la Comunidad de Madrid desde 1999 a 2003 es mayoritaria, de 2004 a 2010 toma el relevo Extremadura, y 2010 y 2011 Castilla y León.

3.3.2. Demanda agraria

La demanda agraria es de gran magnitud, ya que representa el cuádruple del resto de usos consuntivos, se caracteriza por su gran volumen y su concentración en los meses más secos del año, además en España la agricultura es una actividad básica en la sociedad y en la economía. En ella influyen muchas variables como por ejemplo meteorológicas, características de suelo, superficies, tipología de métodos de riego, lo que dificulta su estimación.

Cerca del 80% de los recursos hídricos se emplean en la agricultura. En 2001 se riegan en España 3.344.637 ha que representan el 7% de la superficie nacional y el 13% de la superficie agrícola útil. En 2009, según el INE el regadío al aire libre supone 493.766 ha de tierras labradas, y en invernadero de 23.605 ha. Según el anuario de estadística 2013 la superficie de regadío a fecha de 2012, en cultivos herbáceos es de 1.997.238 ha, en barbecho hay 419.235 ha, en cultivos leñosos 1.377.434 ha, suponiendo un total de tierras cultivadas de regadío de 3.793.905 ha. Los datos del INE

en España según las técnicas de riego afirman que en 2012 se consumió un total de 15.832.715 miles de m³.

La disponibilidad de agua para el sector agrario según datos del INE en 2012, era para España del agua superficial 15.120.576 miles de m³, del agua subterránea 4.225.883 miles de m³ y 312.090 miles de m³ procedente de otros recursos hídricos. Andalucía es la de mayor volumen registrado también de las comunidades que se indican con un total de 3.836.112 miles de m³ (procedente de las aguas superficiales 3.013.058 miles de m³, la mayoritaria) y la Rioja es la que menos de las indicadas con un total de 401.324 miles de m³ destinado a usos agrario. En 2012, según datos del INE, en España el agua suministrada para usos agrícolas y ganaderos es de 41.886 miles de m³.

La evolución en el periodo 2000-2012, de la superficie de regadío en España se aprecia en la tabla 11 en la que se observa que en este periodo la superficie se ha incrementado en 8.6 ha, por lo que la demanda de agua destinada a ello también, como cabía esperar ha crecido. El regadío sigue creciendo de manera importante en las cuencas del Ebro, con cultivos altamente consumidores, y en la del Guadalquivir, como consecuencia, sobre todo, de la puesta en riego de decenas de miles de hectáreas de olivar y viñedo. Tendencia que continúa en las cuencas del Duero, Tajo, Guadiana e incluso Júcar, en estas dos últimas cuencas debido también a la puesta en regadío de los viñedos. Dentro de las técnicas de regadío, la técnica por gravedad es la que consume mayor volumen de agua, seguida del goteo y la aspersión. En cifras dadas por el INE, en España el riego mediante la técnica de gravedad consume el mayor volumen de agua, 6.379.445 miles de m³, el goteo 5.387.090 miles de m³ y la aspersión 4.066.180 miles de m³, además muchos sistemas de riego están anticuados y generan pérdidas en las redes de distribución. Si las actuales conducciones de agua se arreglasen y se mantuvieran adecuadamente, incluso cambiando los métodos de riego a manta por otros más modernos, podría conseguirse reducir el derroche de agua actual.

AÑO	SUPERFICIE DE REGADÍO (HA)
2000	100.0
2001	100.6
2002	101.2
2003	101.8
2004	102.4
2005	103.6
2006	101.3
2007	102.5
2008	103.0
2009	104.4
2010	104.0
2011	107.1
2012	108.6

TABLA 11. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE REGADÍO EN ESPAÑA (HA).
Elaboración propia. Fuente: INE.

La ganadería también influye en el medio hídrico, ya que supone una demanda de agua y una fuente de contaminación, además de que aporta una parte importante de la producción final agraria. En zonas rurales donde la cabaña ganadera es importante, la demanda debido al ganado puede superar al propio consumo doméstico. Pero no todo el volumen usado es consumido sino que una parte importante retorna a los acuíferos o cauces naturales.

La acuicultura es una técnica que está en expansión desde hace años debido al agotamiento de los caladeros junto con la demanda mundial de pescado. Además la práctica totalidad del agua captada retorna al medio ambiente. Según el Magrama actualmente se encuentran registradas 22 concesiones de agua para piscifactorías en estado de explotación, con una demanda de agua total de 251 hm³ anuales. Aunque su volumen derivado es importante, su retorno es prácticamente del 100% pudiéndose considerar como un uso no consuntivo.

Hay que tener en cuenta que en nuestro país está tomando importancia el cultivo de biocombustibles como por ejemplo el cultivo de maíz para producir etanol, para producir 1 kg de maíz hacen falta 769 litros de agua, una hectárea produce 9.400 kg de maíz y necesita aproximadamente 7.200 m³.

3.3.3. Demanda industrial

Los datos disponibles suelen referirse a la gran industria que dispone de fuentes de abastecimiento propias. Mientras que la pequeña y mediana, sin embargo, se suele incluir dentro del sector de abastecimiento urbano, lo que conduce en general a una infravaloración de la demanda industrial. En esta demanda influyen, características socioeconómicas como son el número de establecimientos industriales, el empleo, la producción, las materias primas utilizadas, los procesos productivos, y la aplicación de nuevas tecnologías que mejoren el aprovechamiento del agua y las posibilidades de reutilización de las aguas dentro del propio proceso industrial.

Entre los usos del agua, la actividad industrial es probablemente la que presenta una mayor concentración territorial. La industria española muestra una distribución concentrada en una serie de regiones, entre las que destacan el litoral mediterráneo de Gerona a Murcia, Madrid y su área de influencia que incluye Toledo y Guadalajara, el litoral Cantábrico desde Guipúzcoa hasta Asturias.

Dentro del sector industrial la industria manufacturera es el subsector más relevante para la gestión del agua, ya que las industrias extractivas (minería) y la construcción demandan volúmenes de agua más reducidos (17 hm³/año y 41 hm³/año, respectivamente). La demanda de agua de la industria manufacturera supone un volumen de 379 hm³/a, lo que equivale a un 2% de la demanda consuntiva total.

Según las encuestas de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS, 1998), un 23% del agua registrada en contadores es consumo de pequeña industria, comercial y servicios que se suministran de la red municipal. La demanda industrial se aproxima a los 250 hm³/año, según Magrama. La demanda industrial conectada a redes se sitúa en unos 188 hm³ (este dato se ha calculado en el estudio de demandas urbanas), mientras que la que está conectada a redes

asciende a 62 hm³, de los cuales 55 hm³ se satisfacen con aguas subterráneas y 7 hm³ con aguas superficiales. En 2012, el volumen de agua suministrada para usos industriales en España es de 31.313 miles de m³.

Se cita en este apartado el sector eléctrico que utiliza el agua para la generación de energía hidroeléctrica a través de la turbinación de caudales y para la refrigeración de centrales térmicas y nucleares. Este sector necesita un gran aporte de agua. En los años 50 España comenzó su desarrollo alcanzando su auge en los setenta, pero luego descendió por las tarifas económicas. España se considera un país rico en recursos hidroeléctricos. En la actualidad esta energía satisface entre el 12% y 15% de la demanda anual de energía eléctrica en España, siendo particularmente importante para garantizar la estabilidad y flexibilidad del sistema eléctrico por su capacidad de amortiguar las puntas de demanda y la posibilidad de almacenar energía mediante bombeo durante los tiempos de bajo consumo.

Tiene una serie de ventajas como que es una energía renovable, no contaminante que permite almacenar agua y regular el caudal de los ríos si se construyen presas, pero también con inconvenientes como que depende del régimen de precipitaciones, altera los ecosistemas y que la calidad de las aguas disminuye. Además lleva asociada la construcción de presas, hay que valorar hasta qué punto es rentable su construcción con los impactos ambientales que genera siendo lo más óptimo llevarlo a cabo en paralelo a un desarrollo sostenible en el que se mantenga la calidad de las aguas, la hidrología, los flujos ambientales del río, el transporte de sedimentos, respetar las especies endémicas y en peligro de extinción entre otros aspectos. Supone un aporte masivo de agua que normalmente tras su uso es devuelto a las masas de agua pero no tiene porque ser en el mismo sitio de donde se tomo, por lo que su funcionamiento supone unas fuertes variaciones en los caudales circulantes en los cauces.

La distribución de la producción hidroeléctrica en España es desigual debido a la irregularidad en la disponibilidad de recursos hidráulicos y posibilidades que ofrece el territorio. Esta generación hidroeléctrica depende de las condiciones meteorológicas, pero la tendencia en España es positiva. En la siguiente tabla se pueden observar según la cuenca hidrográfica el número de aprovechamientos y la potencia máxima instalada, a fecha de 2009, según el Libro Digital del agua. En ella se aprecia que la DH del Ebro es la que mayores aprovechamientos tiene instalados pero no por ello es la que mayor potencia instalada tiene, esta corresponde a la DH Tajo. Para ambos datos la que menos tiene es la DH de Canarias.

CUENCA HIDROGRÁFICA	Nº DE APROVECHAMIENTOS	POTENCIA MÁXIMA INSTALADA
Total	876	6.404.346
Ebro	306	1.250.839
Tajo	62	2.731.005
Canarias	1	0

TABLA 12. Nº DE APROVECHAMIENTOS Y POTENCIA MÁXIMA INSTALADA (kW), 2009.
Elaboración propia. Fuente: Libro Digital del agua, Marm.

España se encuentra en la línea de otros países de la OCDE respecto a la producción de energía eléctrica, siendo el 18,5% de esta energía de origen hidráulico. La evolución de esta en las últimas décadas ha sido siempre creciente aunque la participación de ésta en el total de eléctrica producida ha ido disminuyendo (92% en 1940 vs 18% en 2001) debido al incremento de la producción de energía térmica y nuclear de los últimos 50 y 30 años respectivamente. Pero las estimaciones dicen que el crecimiento del sector será pequeño debido a causas como el coste económico y ambiental de nuevas infraestructuras. Hay estimaciones que apuntan a un crecimiento de la potencia instalada de 7.000 Mw en 20 años.

Más del 40 de la capacidad de embalse de presas corresponden a energía hidroeléctrica. Por citar algún ejemplo la central de producción hidráulica con mayor potencia instalada es la de Aldeadávila en el río Duero (Salamanca) con 1140 Mw, seguido por el embalse José María de Oriol en el río Tajo (Cáceres) con un 915 Mw. Otros embalses de la cuenca del Tajo con uso eléctrico son el de Alcántara en la provincia de Cáceres, con una superficie de 10.400 ha y capacidad de 3.160hm³; el embalses del Atazar en Madrid, con una superficie de 1.070 ha y capacidad de 426 hm³.

El consumo de electricidad en el ciclo integral del agua es del 7% de la demanda total de energía en España, correspondiendo al suministro, captación, abastecimiento y tratamiento del agua, más del 50% de ese consumo.

La cifra de consumo de electricidad no es muy relevante a nivel global pero de cara al futuro puede incrementarse porque en los escenarios de cambio climático contemplados en la planificación hidrológica cabe esperar modificaciones del ciclo hidrológico que lleven asociada una significativa reducción de los recursos hídricos en los países del sur de Europa. La consecuencia para España será la necesidad de incrementar los recursos hídricos de fuentes no convencionales que llevarán asociado un mayor consumo de energía. De ahí la necesidad de ir avanzando, como se ha hecho en los últimos años, en el empleo de tecnologías cada vez menos consumidoras de energía.

También hay que considerar en los usos del agua los requerimientos ambientales, es decir el mantenimiento de unos flujos mínimos que aseguren una conservación de los recursos ecológicos y paisajísticos como las zonas húmedas, los ecosistemas fluviales y embalses artificiales. De acuerdo con la normativa de aguas (artículo 17 del Reglamento de Planificación Hidrológica), son una restricción impuesta a la explotación de los recursos hídricos y no tienen carácter de uso. Son bienes que en los últimos años están ganado valor ya que la población demanda un valor y una calidad en ellos.

Su objetivo es permitir mantener la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados, contribuyendo a alcanzar el buen estado en ríos o aguas de transición; y respetar la funcionalidad ecológica de las áreas de cría y de descanso de especies protegidas.

La previsión de la demanda futura presenta dificultades ya que depende de muchos factores, por lo que hay mucha variación entre las previstas y la real.

3.4. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Actualmente hasta un 15% de los caudales mundiales se retiene en 45.000 grandes embalses, con un uso dominante en irrigación y energía hidroeléctrica. Como resultado de estas manipulaciones hasta un 6% se pierde por evaporación, y hasta un 52% del total de la superficie de los grandes ríos mundiales se halla modificada por canales, represas, etc. Europa es el continente con la mayor proporción de segmentos de río regulados.

En Europa hasta 1750 la alteración del curso y el caudal de los ríos fue moderada, fecha desde la que hasta 1900 comenzaron los grandes proyectos de navegación de los grandes ríos y la regulación para la utilización de las llanuras de inundación. En 1900 comenzó la construcción de embalses en todos los ríos europeos. Las presas de estos embalses provocan cambios como que rompen la conectividad longitudinal del río, impiden la migración de especies y forman barreras para el movimiento de los peces. Además alteran el régimen térmico y la calidad del agua en la salida, ya que la mayoría desembalsan agua del fondo del embalse, que está más fría en verano y más caliente en invierno que el agua del río.

Las presas y los embalses se construyen a fin de almacenar agua para el riego y el consumo. Además, las presas pueden proporcionar electricidad y ayudar a controlar las inundaciones, disminuir las crecidas, disponer de un suministro de agua en períodos de escasez, entre otros aspectos, como ya se ha visto.

España tiene una capacidad de embalse de 55.343 hm³, el 75% (41.500 hm³) de esta capacidad corresponde a la vertiente Atlántica y el 25% (13.843 hm³) a la Mediterránea. A nivel general tiene el mayor número de grandes presas por habitante del mundo, el número de estas actualmente en servicio supera el millar, con una capacidad de almacenamiento total próxima a los 54.000 hm³. Existen más de un millar de embalses que regulan los recursos hídricos superficiales, permitiendo disponer de agua suficiente para satisfacer las demandas de agua, trescientos de los cuales tienen capacidad de más de 10 hm³.

Debido a la climatología los ríos españoles son irregulares con un régimen muy marcado por las estaciones, que hacen que los ríos se sequen en verano. Los ríos de la vertiente cantábrica y los de la vertiente mediterránea sur son de caudal permanente y de corta longitud. En el resto del litoral mediterráneo los ríos dan origen a cuencas muy pequeñas a excepción de algunos como el Llobregat, el Júcar o Segura. Para poder disponer de agua suficiente se han construido presas que almacenan el agua en la época de lluvias, como ya hemos visto. La capacidad de embalse es en la actualidad superior a 50.000 hm³ al año, lo que da una disponibilidad de agua de unos 2.800 m³ por persona al año. Por tanto en España las reservas de agua superficial en los embalses son un recurso muy importante para poder satisfacer las demandas de agua. A continuación se muestra el volumen embalsado de manera global en cada demarcación hidrográfica en Abril del año 2013.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	VOLUMEN DE AGUA EMBALSADA	CAPACIDAD DE AGUA EMBALSADA
Total España	45.225	56.589
Tajo	8.191	11.012
Ebro	5.766	7.602
Guadalquivir	7.710	8.391
Cantábrico oriental	89	100

TABLA 13. VOLUMEN DE AGUA EMBALSADA (HM³) Y CAPACIDAD (HM³).
Elaboración propia. Fuente: Marm, Libro digital del agua.

Como se aprecia en la tabla de las tres demarcaciones seleccionadas la DH Guadalquivir es la que mayor volumen de agua embalsada tiene en el año 2013 pero en cuanto a capacidad de agua la DH Tajo es la dominante, seguida de la del Guadalquivir. La que menos es la DH Cantábrica oriental.

En cuanto a su evolución entre 2007-2013 (tabla 14), en el total de cuencas entre 2007-2009 el volumen registrado aumento, disminuyendo en 2011 y aumentando a valores mucho mayores que años anteriores en 2013. Mientras que en la Cuenca del Tajo, el ascenso de 2007 a 2011 fue progresivo y descendió en 2013.

	CAPACIDAD	VOLUMEN REGISTRADO EN DICIEMBRE			
		2007	2009	2011	2013
Total Cuenca	54.148	22.466	31.945	24.536	36.912
Tajo	11.012	4.489	5.352	5.812	5.737

TABLA 14. CAPACIDAD Y EL VOLUMEN DE AGUA EMBALSADA (MILLONES DE M³).
Elaboración propia. Fuente: Dirección General del Agua del MAGRAMA.

Las aguas superficiales cubren la mayor parte de las necesidades hídricas de la cuenca. Hay un total de 43 embalses, 4 balsas y 5 azudes de titularidad estatal, cuya explotación y conservación está encomendada a la Dirección Técnica. Los 43 embalses están cerrados por un total de 55 presas, de las que 49 de ellas, por su altura, se clasifican como grandes presas de acuerdo con la normativa de seguridad de presas vigente. El Canal de Isabel II gestiona 14 embalses con una capacidad máxima de almacenamiento de 946 millones de m³. El embalse de mayor capacidad es el de Alcántara, con una capacidad de 3160 hm³, seguido del embalse de Buendía con 1639 hm³ de capacidad. Los de menor capacidad son los de Almoguera y La Jarosa, entre otros.

Siguiendo con las aguas superficiales a continuación se indica en la gráfico 8 la serie histórica del indicador de almacenamiento en embalses, expresado en miles de hm³, en el periodo 1991-2013, en la que se observa que la capacidad a grandes rasgos

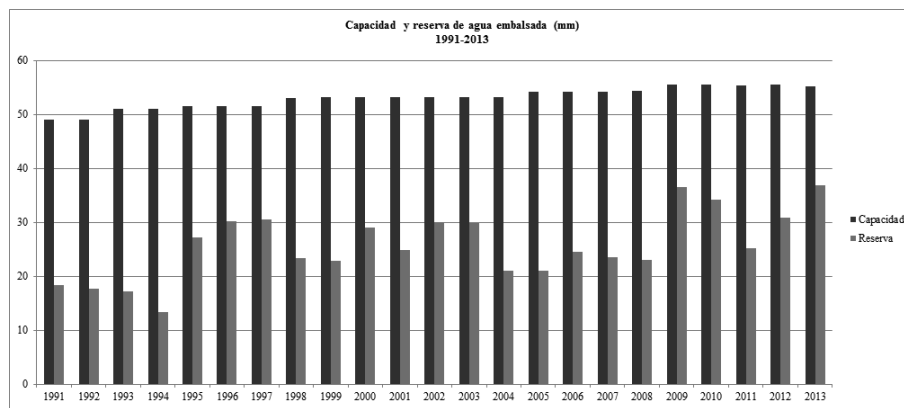


GRAFICO 8. CAPACIDAD Y RESERVA DE AGUA EMBALSADA (MM) ,1991-2013.
Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadística, 2013.

a aumentado, con máximos en 2009, mientras que la reserva tiene sus máximos en 2013, 2009, y, 2010 respectivamente y los mínimos en 1994, 1993 y 1992.

Según demarcaciones en la tabla que sigue, se indica la reserva en embalses media en el periodo 2003-2014, para el periodo de 2003/04-2013/14, la DH Guadalquivir es la de mayor volumen, de las tres analizadas, seguida de la del Tajo. La misma tendencia se da en el año hidrológico 2013/14.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	PERIODO 2003/04-2013/14	AÑO HIDROLÓGICO 2013/14
Total España	28,12	34,88
Tajo	5,05	5,64
Ebro	3,63	4,81
Guadalquivir	5,21	5,87

TABLA 15. RECURSOS HÍDRICOS, AGUAS SUPERFICIALES (HM³).
Elaboración propia. Fuente: Boletín Hidrológico del MAGRAMA.

El problema es que estas grandes obras de ingeniería, además de otras, generan un impacto ambiental negativo pudiendo llegar a alterar el equilibrio en el ecosistema donde se encuentran. Además de los impactos citados pueden cambiar el curso natural del agua, modificar los patrones de drenaje del terreno, alterar el paisaje. Por ello cuando se diseñan y construyen hay que respetar los principios del desarrollo sostenible reduciendo al mínimo el impacto ambiental, controlando los residuos generados y la contaminación, obteniendo de ellas el máximo rendimiento, y valorando en todos los casos sus beneficios frente a sus impactos.

4. 4. PROBLEMÁTICA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

4.1. PRINCIPALES FACTORES CLIMÁTICOS

En lo referente a la climatología la situación de la península ibérica entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo influye en su clima, caracterizado por una gran diversidad, lo que junto a una geofísica también variada dan lugar a la existencia de una gran variedad de ambientes hidrológicos.

El clima predominante tiene veranos secos e inviernos fríos, de carácter continental, con característicos anticiclones invernales y con una precipitación que disminuye de Norte a Sur, presentando una fuerte asimetría longitudinal. Además las precipitaciones en la vertiente atlántica son superiores a las de la mediterránea.

El comportamiento de la precipitación, la evapotranspiración y la humedad del suelo entre otras variables climáticas (como factores físicos, orografía, geología y los tipos de suelo) a lo largo del año, condicionan en gran medida la generación y disponibilidad de los recursos hídricos y la supervivencia de los diferentes ecosistemas, así como todo lo referente a la explotación agrícola y forestal, por ello el estudio de las más relevantes para analizar los recursos hídricos es importante, entre estas se destaca la precipitación, la evapotranspiración y la temperatura que a continuación se analizan y estudian.

4.1.1. Precipitación

Es una variable básica en los estudios hidrológicos ya que es el origen de los recursos hídricos naturales, su estudio en España es todavía más importante debido a su irregularidad espacio-temporal. El régimen de precipitaciones presenta una gran variedad dentro de la Península Ibérica donde influyen el relieve, la orientación y la proximidad o alejamiento del mar, repartiéndose en dos periodos, uno máximo en otoño y otro en primavera, menos en el Occidente y el Sur peninsular, donde los periodos más lluviosos son el otoño y el invierno.

Entendiendo la precipitación como el agua que alcanza la superficie terrestre procedente de la atmósfera en forma líquida (lluvia) o sólida (nieve), medida en l/m² (mm), en el periodo de los años hidrológicos de 1940-41 y 2005-06 hubo periodos de años secos y húmedos, con un periodo de sequía a comienzos de los años 90. En este periodo la media para España es de 655 mm/año, con un valor máximo de más de 900 mm en el año 1940-41, y valores mínimos inferiores a 500 mm en los años 1944-45 y 2004-05. Las mayores precipitaciones se registran en invierno, diciembre y las menores en verano, julio, siendo de media el mes más lluvioso diciembre con 87 mm de precipitación, y julio el menos lluvioso con 15 mm. Las rachas de años secos son más largas que las húmedas.

Los valores en las demarcaciones hidrográficas son diferentes, registrándose el máximo en la DH del Cantábrico de 1.403 mm anuales, y el mínimo de 377 mm en

la DH del Segura. Al igual, los valores de precipitación anual varían mucho, desde los más de 1.600 mm en extensas zonas del territorio, en las que se superan incluso los 2.000 mm, a los 300 mm de amplias áreas del sureste peninsular y los menos de 200 mm en algunas zonas de las Islas Canarias. La media para España es de 684 mm/año, unos 346 km³/año.

La DH del Tajo esta en un área caracterizada por un clima mediterráneo marcadamente continental, con las particularidades comarcales lógicas creadas por la altitud, la latitud y la mayor o menor distancia al océano Atlántico. La cuenca tiene una pluviometría media de 648 mm (1940-2006), distribuyéndose de manera estacional (con máximos en primavera y otoño) y con una marcada distribución en función de la altitud, donde los valores medios anuales más altos corresponden a los bordes montañosos occidentales, Sierras de Gredos y de la Peña de Francia, que suponen una barrera a los frentes húmedos atlánticos. Mientras que en la depresión central los niveles de pluviometría son bajos, dándose los valores mínimos alrededor de la ciudad de Toledo. Esta situación conduce al desequilibrio general entre las áreas generadoras de recursos y las que los demandan. Como curiosidad los valles del Jerte y del Tiétar gozan de especiales microclimas, ya que están situados en la ladera sur de la Sierra de Gredos que los resguarda de los vientos del norte a la vez que proporciona altas pluviometrías.

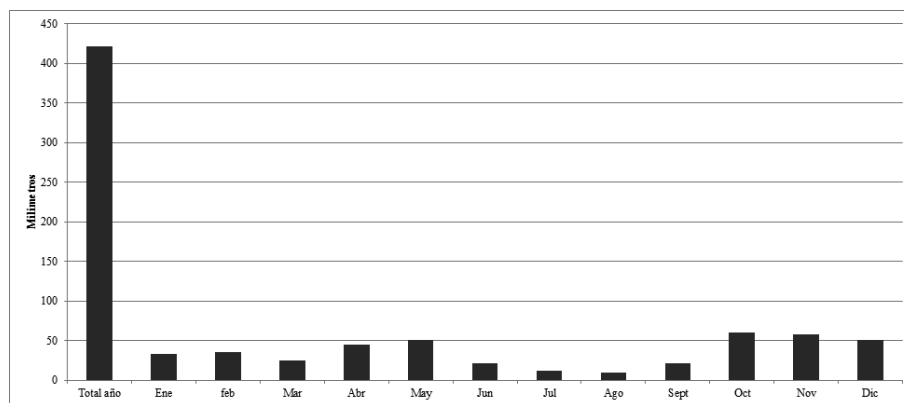


GRAFICO 9. PRECIPITACIÓN ANUAL Y MENSUALES MEDIAS DURANTE EL PERÍODO 1981-2010 (MM).
Elaboración propia. Fuente: AEMET. Registro en la estación meteorológica situada en Retiro, Madrid.

En el gráfico 9 se observa la distribución a lo largo del año de la precipitación en el periodo 1981-2010, que muestra los máximos anuales en octubre, noviembre y diciembre y los mínimos en agosto, julio y junio.

En el periodo 1940/41-2009/10, se observa que los datos sobre precipitación (tabla 16) de la cuenca del Tajo que se aproximan mucho a la media que se da en España.

Comparando ahora la precipitación media en el periodo 1971-2000 y evolución en 6 años, de 2006 a 2012. Para el total de la cuenca el máximo registrado en 2008 supera a la media del periodo al igual que ocurre en la Cuenca del Tajo, y los mínimos se dan en 2012. La cuenca Norte y noroeste registra los valores más altos y la del Segura los más bajos, de las analizadas en el anuario. En las tablas 17 y 18 se observan estos datos de precipitación media por demarcaciones.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	PRECIPITACIÓN MÍNIMA ANUAL (MM)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (MM)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL(MM)
Total España	438	665	913
Tajo	348	636	942

TABLA 16. PRECIPITACIÓN MÍNIMA, MEDIA Y MÁXIMA ANUAL SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA EN EL PERIODO 1940/41 Y 2009/10. Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua

	SUPERFICIE (KM ²)	MEDIO PERIODO 1971-2000	2006	2008	2010	2012
Total Cuencas España	494.170	649	663	725	869	570
Norte y noroeste	53.913	1.316	1.389	1.460	1.434	1.088
Segura	18.631	347	391	446	517	337
Tajo	55.769	614	665	605	818	458

TABLA 17. PRECIPITACIÓN MEDIA (MM) Y TOTAL (MILLONES DE M³) SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA. Elaboración propia. Fuente: AEMET, Anuario de estadística 2013.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	PERIODO 1940/41-2009/10	PERIODO 1940/41-2011/12	PRECIPITACIÓN MEDIA 2009/10	PRECIPITACIÓN MEDIA 2011/12
Total España	636,43	662,8	841,82	472,7
Galicia Costa	1.534,22	1.525,3	1.675,93	1.105,5
Tajo	665,45	633,5	841,90	415,3
Ebro	645,52	641,7	635,50	470,3
Guadiana	524,90	524,0	808,07	363,9

TABLA 18. PRECIPITACIONES MEDIAS (L/M²), SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA. Elaboración propia. Fuente: Anuario de estadística 2013; AEMET; resultados del modelo SIMPA del CEDEX.

Galicia costa es la de mayor precipitación en ambos periodos, de toda España, seguida de la DH Tajo; y para ambos años hidrológicos seleccionados, fue mayor en Galicia costa. La que menos para la media de ambos periodos el Segura y para los años hidrológicos Ebro y Guadiana.

La distribución anual se indica en el grafico 12. Con los valores peninsulares máximos en noviembre, octubre y abril. En la Cuenca del Tajo estos se dan en noviembre, abril y en octubre. Esta distribución es un poco diferente a los valores vistos en la grafico 10 los mínimos se dan en los meses de agosto, febrero y junio, para ambas.

Los datos que nos ofrecen AEMET y CEDEX se observan en la siguiente tabla, datos sobre precipitaciones en el periodo de 1940-2011, con máximas registradas en los años 1940, 1968 y 1942. Y mínimos en 2008, año que hubo sequia, 2011 y 1944.

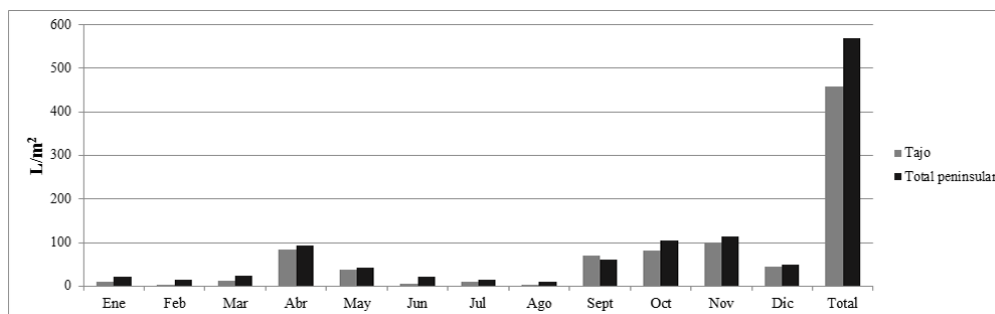


GRÁFICO 10. PRECIPITACIONES EN LA CUENCA DEL TAJO Y DATOS TOTALES DE CUENCA (MEDIA L/M²), 2012. Elaboración propia. Fuente: AEMET.

AÑO	PRECIPITACIÓN	AÑO	PRECIPITACIÓN	AÑO	PRECIPITACIÓN
1940	913	1964	556	1988	554
1941	631	1965	810	1989	661
1942	669	1966	602	1990	624
1943	602	1967	662	1991	571
1944	480	1968	866	1992	575
1945	723	1969	665	1993	569
1946	781	1970	722	1994	503
1947	648	1971	708	1995	799
1948	570	1972	613	1996	766
1949	533	1973	650	1997	726
1950	775	1974	606	1998	508
1951	743	1975	581	1999	564
1952	553	1976	791	2000	787
1953	585	1977	733	2001	597
1954	640	1978	778	2002	732
1955	809	1979	618	2003	739
1956	545	1980	524	2004	438
1957	600	1981	569	2005	620
1958	808	1982	570	2006	704
1959	843	1983	660	2007	595
1960	771	1984	651	2008	604
1961	800	1985	601	2009	842
1962	839	1986	579	2010	668
1963	734	1987	796	2011	473

TABLA 19. PRECIPITACIONES EN EL PERIODO DE 1940-2011, (MM). Fuente: AEMET y Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

4.1.2. Temperatura

La temperatura también es un factor clave a analizar por su influencia en el ciclo hidrológico, por su influencia en otras variables, como por ejemplo en la evapotranspiración. En la península ibérica geográficamente la distribución de la temperatura es irregular y depende de diferentes factores como la radiación solar, cobertura

vegetal, humedad del suelo, latitud o altitud. Por lo general se aprecia una isoterma de 10°C que delimita los sistemas montañosos de la mitad norte y una isoterma de 12.5°C que marca el límite con la zona montañosa del sur. Las zonas más cálidas de la península se encuentran en la depresión del Guadalquivir y el suroeste español. Tiene una marcada variación estacional, con veranos secos y calurosos, e inviernos fríos. Debido al efecto del anticiclón de las Azores durante el periodo estival, y a la entrada de masas de aire frío oceánicas y continentales durante el invierno.

La temperatura media en España entre 1941 y 2006 ha oscilado entre los 12,3°C y los 14,9°C, con una media de 13,5°C el mínimo se registra en enero, de media con 5,39 °C y el máximo en julio con 21,86°C. Entre las DH intercomunitarias, la menor temperatura media se registra en la DH del Cantábrico de 10,1°C y la de mayor temperatura es la DH de Guadalquivir de 15,8°C.

En la DH del Tajo, desde el punto de vista termométrico se pueden diferenciar, a grandes rasgos, los núcleos montañosos de Guadarrama y Gredos, más fríos, donde se alcanzan unas temperaturas medias de entre 8 y 10° C, y la depresión del Tajo, más cálida, donde se obtienen valores de temperatura media entre 13° C en la parte oriental y 17° C en la parte occidental.

Según AEMET, en el periodo histórico de 1981 a 2010, los valores registrados en la estación meteorológica de zona de Retiro en Madrid, la temperatura máxima absoluta fue de 40°, la mínima absoluta fue de -7.4 ° y la media de 15°. En 2012 la máxima absoluta fue de 40.6 °, la mínima absoluta de -3.6 °, la media de 15,5° y el número de días con temperatura igual o inferior a 0 °, fueron 20. Como se ve en estos datos la temperatura máxima y media han subido, mientras que la mínima descendió.

En el periodo 1940/41-2009/10, la temperatura media mínima, máxima y media puede observarse en la tabla 20. Las temperaturas media y máxima en la DH Tajo son similares al total de España, pero varía más en la mínima.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL	TEMPERATURA MEDIA ANUAL	TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL
Total España	1,8	13,5	24,9
Tajo	-0,1	13,3	26,1

TABLA 20. TEMPERATURA MÍNIMA, MEDIA Y MÁXIMA (°C) SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA, PERIODO 1940/41-2009/10. Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua.

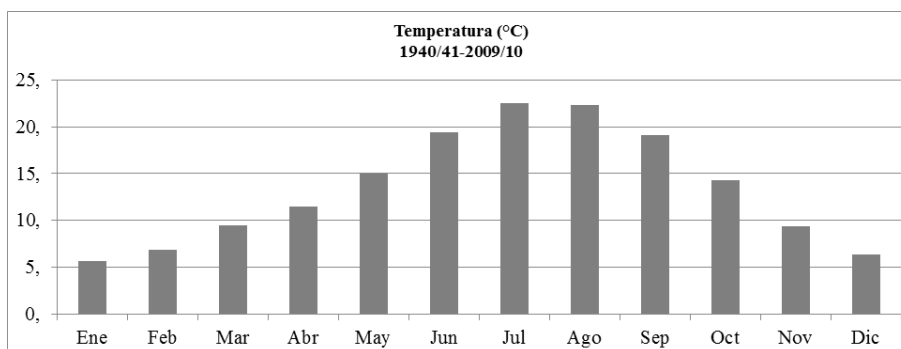


GRAFICO 11. DISTRIBUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS A LO LARGO DEL AÑO EN ESPAÑA PARA EL PERIODO ENTRE 1940/41-2009/10. Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua.

A lo largo del año esta varía, como es lógico, con máximos según la media del 1940/41-2009/10, en Julio, Agosto y Junio. Y mínimas en enero, diciembre y febrero. (Ver gráfico 11)

4.1.3. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la pérdida de humedad en la superficie del terreno que se produce a través de la evaporación directa del agua y la transpiración de los seres vivos, en especial de las plantas. Varía en función de la temperatura, al aumentar la temperatura aumenta la evapotranspiración potencial (ETP). Existen diferentes metodologías y es un parámetro que se determina con cierta dificultad, pero es de gran utilidad para los estudios hidrológicos.

Influye en el ciclo hidrológico ya que cuanto mayor sea esta la escorrentía es menor, además determina el volumen de agua que demandan distintos usos del agua y en las necesidades de agua de los cultivos.

Siendo la evapotranspiración real (ETR) la que realmente se produce en las condiciones existentes, para la serie de años 1940/41-2009/10 presenta un valor medio global de 399.46 mm/año según el modelo SIMPA, siendo bastante menor que la ETP (1.041,02 mm/año), al no darse siempre las condiciones óptimas de humedad en el suelo para que se produzca la evapotranspiración a su tasa potencial. La ETP media en España ha oscilado entre los 803 mm (1940-41) y los 925 mm (2002-03). El mínimo se produce en el mes de diciembre con 18 mm, y el máximo en Julio con 138 mm. Los valores medios en las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias son muy distintos, el mínimo se produce en la DH del Cantábrico y es de 623 mm, mientras el máximo se registra en la DH de Guadalquivir, de 985 mm.

La ETP media anual en España en el mismo periodo, de 862 mm, presentando sus máximos en la mitad meridional de la península, Canarias, y el valle central del Ebro. La ETR, presenta en el mismo periodo un valor medio global de 464 mm/año. La fracción porcentual ET/ETP, en valor medio para el conjunto del territorio es de 0,54, y que varía desde 0,18 en Canarias a 0,97 en el ámbito del Norte III.

Como puede apreciarse en la siguiente tabla, los mayores datos de ETP se registran en la DH Guadalete y Barbate, la que menos en DH Miño-Sil. Para la ETR los mayores valores se registran en la misma demarcación y los mínimos en la DH Segura.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	ETP	ETR
Total España	894	854
Tajo	962	464
Guadalete y Barbate	1.376,68	539
Miño-Sil	627	490
Segura	983	335

TABLA 21. ETR Y ETP EN MM, EN EL PERIODO 1940/41- 2009/10, SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA. Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua.

En el gráfico se aprecia cómo según la distribución anual la ETP es mayor julio, agosto y septiembre, los meses de mayores temperaturas. Y la ETR en mayo, abril y junio.

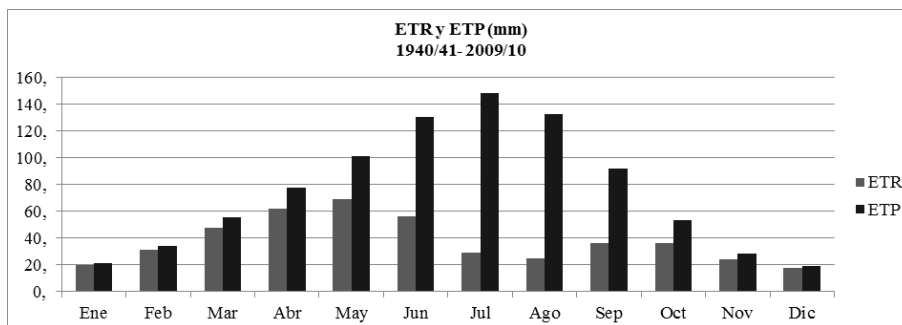


GRAFICO 12. ETR Y ETP EN MM, EN EL PERIODO 1940/41- 2009/10, EN ESPAÑA. Elaboración propia. Fuente: Libro digital del agua.

Tras ver un poco más a fondo los factores climáticos vamos a estudiar las diferentes presiones que pueden alterar los recursos hídricos.

Una correcta gestión del agua conlleva realizar un buen análisis de las presiones que pueden afectar a los sistemas acuáticos, algunas como consecuencia de actividades humanas como ciertas actividades, emisión de gases de efecto invernadero, la tala masiva de arboles, que pueden influir en el ciclo hidrológico a escala global, teniendo en cuenta que algunas de estas son permanentes y acaban afectando de manera irreversible a los ecosistemas acuáticos. Entendiendo esta presión como cualquier actividad humana que incida sobre el estado de las aguas, y que por lo general deriven de las actividades humanas, agrícolas, industrial y núcleos urbanos. Las principales son las alteraciones morfológicas, la contaminación, la extracción de agua, los usos del suelo y la regulación, causando impactos negativos en las masas de agua. Si se combina la presión y el impacto puede evaluarse el nivel de riesgo. En su análisis se identificaran aquellas que puedan generar mayor impacto y pongan en peligro el cumplimiento de la normativa vigente, ya que para asegurar una protección adecuada de las aguas hay que alcanzar los objetivos medioambientales propuestos, entre otros por la Directiva marco del agua (DMA), siendo su objetivo fundamental la protección de las aguas mediante acciones como prevenir el deterioro, proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos, así como de los ecosistemas terrestres y humedales que dependan de modo directo de los acuáticos.

4.2. PRESIONES SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Existen una serie de indicadores ambientales mediante los cuales se puede analizar la presión que algunos factores climáticos y actividades humanas tienen sobre los recursos hídricos.

En España hay un sistema de indicadores del agua que son un conjunto de medidas que caracterizan el estado del medio acuático, la repercusión de la actividad humana sobre el mismo y la evolución del medio. Es el resultado de la información

recogida por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Marm), que resumen los valores más destacados y que caracterizan el estado, información que se utiliza para gestionar el agua, y va dirigido al público en general interesado.

Este sistema de indicadores pertenece al SIA (Sistema Integrado de Información del Agua) sistema de referencia para el tratamiento de la información ambiental sobre el agua del Marm, formado por diversas entidades que recogen datos relacionados con la planificación y gestión hidrológica. Su análisis es fundamental e importante en la gestión del agua porque permite entender el comportamiento de las presiones que se ejercen sobre las masas de agua.

Dentro del sistema se clasifican los indicadores con respecto a la característica que se considera que más afecta.

En primer lugar se van a ver los factores determinantes que son las condiciones y factores climáticos que influyen en la generación de recursos hídricos, y las condiciones socioeconómicas que rigen las presiones que el hombre ejerce sobre el medio acuático.

La precipitación es uno de los más importantes ya que es una variable clave en la generación y distribución de los recursos hídricos, siendo su estudio y seguimiento un aspecto básico para el análisis de los recursos hídricos. El indicador se calcula como la suma de los valores mensuales obtenidos mediante el modelo SIMPA.

La evolución del indicador muestra que entre los años hidrológicos 1940-41 y 2005-06 se han sucedido periodos de años secos y húmedos, destacando a principios de los 90 un periodo de sequía. La media para España en este tramo de años es de 655 mm/año, con un valor máximo de más de 900 mm en el año 1940-41, y valores mínimos que sólo han sido inferiores a los 500 mm en dos años hidrológicos, 1944/45 y 2004/05. Según datos de AEMET 2013 fue un año húmedo con una precipitación media de 714.9 mm, un valor mayor que la media del periodo 1941-2013. Para el periodo de años de 1940-2013, el análisis del porcentaje de precipitación media, indica que el 45.2% de estos años la precipitación anual fue superior a la media y el 54.8% fue inferior. Atendiendo a la precipitación media anual registrada el 66.1% de los años fueron húmedos y el 33.8% fueron secos.

El análisis anual indica que las mayores precipitaciones se registran en invierno y las menores en verano, siendo de media el mes más lluvioso diciembre con 87 mm de precipitación, y julio el menos lluvioso con 15 mm, como ya se menciona. Dadas las diferencias climáticas existentes en las distintas regiones españolas, los valores de precipitación medios en las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias son muy diferentes, desde el máximo que se registra en la DH del Cantábrico de 1.403 mm anuales, hasta el mínimo de 377 mm que se produce en la DH del Segura. En la tabla 19. Se puede consultar la precipitación media para el periodo 1940/41-2011/12.

El indicador sobre la temperatura se ha calculado como la media anual de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo SIMPA, en grados centígrados (°C).

Esta es una variable ambiental muy importante por su influencia en el ciclo hidrológico ya que con la temperatura aumenta la evapotranspiración generando una disminución de los recursos hídricos y el aumento del volumen de agua requerido por los usos del agua como el regadío. Durante el periodo 1941-2006 la

temperatura media en España ha oscilado entre los 12,3°C registrados en el año hidrológico 1994-95 y los 14,9°C del año hidrológico 1989-90. La media ha sido de 13,5°C, observando una tendencia al aumento de la temperatura en la segunda mitad del periodo contemplado.

A lo largo del año se registran importantes variaciones de la temperatura, en enero se produce el mínimo de media en España con 5,39 °C, y el máximo en julio con 21,86 °C.

Por otra parte, los valores de temperatura varían considerablemente según las regiones, estando sus valores muy influidos por la orografía, por ejemplo, entre las DH intercomunitarias, la menor temperatura media se registra en la DH del Cantábrico (10,1°C), y la de mayor temperatura es la DH de Guadalquivir (15,8°C).

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	PERIODO 1940/41-2009/10 (°C)	AÑO HIDROLÓGICO 2009/10 (°C)
Total España	13,48	14,07
Tinto, Odiel y Piedras	17,50	17,85
Tajo	13,32	14,23
Duero	10,72	11,29

TABLA 22. TEMPERATURA MEDIA (°C) SEGÚN DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA. Elaboración propia. Fuente: AEMET y los resultados del modelo SIMPA del (CEDEX).

En la tabla según DH se aprecia que la temperatura media de este periodo en la DH Tajo es muy similar a la media de España, al igual que el valor para el último año registrado para este estudio. La máxima del periodo 1940/41-2009/10 y año hidrológico se registra en la cuenca de Tinto, Odiel y piedras, en la península, ya que en la Canarias este dato es mayor. Y la mínima en la DH Duero.

La evapotranspiración es la pérdida de humedad en la superficie del terreno que se produce a través de la evaporación directa del agua y la transpiración de los seres vivos, en especial de las plantas. Esta depende de la temperatura, a mayor temperatura mayor es la tasa de evaporación del agua y también la de la transpiración de las plantas. Tiene mucha influencia en el ciclo hidrológico ya que al aumentar la ETP disminuye la escorrentía, como anteriormente se ha visto.

El indicador muestra el valor medio de la ETP en mm calculado a partir de los valores mensuales obtenidos mediante el modelo SIMPA. Los valores de la ETP media se pueden consultar en la tabla 21.

Con respecto a la superficie de cultivos, el indicador muestra el porcentaje de la superficie ocupada por los cultivos herbáceos, leñosos y los barbechos, reflejando como la agricultura puede llegar a ser un factor determinante de presión sobre los recursos hídricos, por diversos motivos como la cantidad de agua demandada por el regadío, por los posibles episodios de contaminación difusa que pueden acontecer, a lo que hay que añadir otros factores como las superficies ocupadas por los cultivos, los sistemas de riego utilizados, las técnicas agrícolas, el estado de las infraestructuras y de la climatología.

Según los datos proporcionado por el Anuario de Estadística Agroalimentaria del Marm, entre los años 1997-2006 la superficie ocupada por las tierras de cultivo ha disminuido todos los años, a excepción del 2003, reduciéndose un 5,9% en el periodo citado, pasando de 18.623 ha a 17.579 ha. Mientras que las tierras de cultivo secano han disminuido un 9,5%, pasando de 15.185 ha en 1997 a 13.865 ha en 2006, las superficies en regadío han aumentado un 7,4%, desde las 3.438 ha de 1997 a las 3.713 ha de 2006.

En la siguiente tabla se aprecia que los datos de 2009, son inferiores a la media del periodo 1997-2009, para las tres comunidades analizadas y para el total de España. Castilla La Mancha es la de mayor superficie de España, la de menor es el Principado de Asturias.

	SUPERFICIE DE CULTIVOS MEDIA 1997-2009 (%)	SUPERFICIE DE CULTIVOS 2009 (%)
Madrid	28,01	26,15
Extremadura	30,06	27,73
Castilla La Mancha	49,19	46,66
Total España	35,41	34,01

TABLA 23. SUPERFICIE MEDIA DE CULTIVOS (%).

Elaboración propia. Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria del Marm.

También hay que citar la superficie de cultivos intensivos, que se refiere a aquellos de mayores necesidades hídricas, que son el arroz, maíz y sorgo, expresado también en porcentaje de superficie.

En el periodo 1997-2006 la superficie ha variado, con descensos pronunciados en los años 1999 y 2006, del 14% y el 18%; y el mayor ascenso, del 12%, en el año 2001. En este año han ocupado las mayores superficies, alcanzando 636.640 ha. Mientras que el año en el que la superficie ha sido menor es el 2006, con 456.340 ha.

La superficie media de cultivos analizados en el periodo de 1997-2006, indica valores en el 2009 inferiores a la media del periodo citado. La Comunidad autónoma de Cantabria presenta la mínima de España, con un valor de 0.04% de superficie, y la máxima Extremadura, con un 2,04 % (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria del Marm).

Un factor determinante en el estudio medioambiental del agua es la densidad de población (expresada en habitantes por km²) ya que influye sobre el consumo de agua de abastecimiento, la demanda de servicios del agua, uso del suelo y la cantidad de contaminación procedente de los vertidos urbanos. También repercute en los usos del suelo (urbano, agrícola, industrial, etc.), que a su vez influyen en las necesidades hídricas. Un aumento de este indicador supondrá generalmente una mayor presión sobre los recursos naturales. En el periodo 1986-2014 se ha registrado un aumento de la concentración de la población pasando de algo más de 76 hab/km² a más de 92 hab/km², lo que supone un aumento de casi un 16% en 28 años, indicando una tendencia a aumentar en mayor medida en las grandes ciudades y en las zonas costeras, siendo Madrid la comunidad autónoma de mayor

densidad de población, con 782 hab/km², seguida del País Vasco, Canarias, Cataluña, Comunidad Valenciana y Baleares, donde se superan los 200 hab/km². Castilla La Mancha, con 26 hab/km², es la de menores datos y en Extremadura, Castilla y León y Aragón tampoco se alcanzan los 30 hab/km². Según datos del INE en 2013 la población en España es de 47.129.783 habitantes, de los que un 79.2% se concentraron en áreas urbanas, que si lo comparamos con el valor del año 2000, de 76.0%, es bastante más elevado.

La concentración de población también es un buen indicador los datos indican que entre los años 1986 y 2008 la concentración de la población en las grandes ciudades ha variado mucho. En las poblaciones de más de 100.000 y 500.000 habitantes se ha registrado un leve descenso, mientras que las de más de 50.000 han aumentado. La población se concentra más en las grandes áreas urbanas, la franjas colindantes y en las zonas costeras, una mayor concentración implica, en principio una mayor presión sobre los recursos en la zona ya que la demanda y consumo aumentara y los servicios del agua también.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CONCT.	CONCT.	CONCT.	CONCT.	CONCT.	CONCT.
	>50.000 HAB. MEDIA 1986-2012	>50.000 HAB. 2012	>100.000 HAB. MEDIA 1986-2012	>100.000 HAB. 2012	>500.000 HAB. MEDIA 1986-2012	>500.000 HAB. 2012
Castilla- La Mancha	28,94	26,84	8,13	8,15	0	0
Extremadura	27,62	24,53	13,74	12,43	0	0
Madrid	84,14	85,71	72,78	76,71	49,76	56,39
Total España	52,24	51,58	39,76	40,87	16,08	17,48

TABLA 24. CONCENTRACIÓN DE POBLACIÓN 1986-2012 (%). Elaboración propia. Fuente: INE.

Madrid es la de mayor concentración para las tres situaciones expuestas de la España peninsular, y Extremadura la de menor concentración.

Los indicadores de presión tratan sobre las variables que describen las actividades humanas que pueden provocar una alteración en el estado de las aguas, siendo su análisis importante ya que permite conocer el origen de los problemas que dichas actividades pueden causar en el medio acuático y adoptar las medidas apropiadas para evitar o mitigar estos problemas. Se distinguen los siguientes indicadores:

La demanda de agua indica la presión por extracción de agua, se indica para los principales usos (agrario, urbano e industrial), su estimación es esencial en la planificación hidrológica estos datos se han estimado en los trabajos previos de elaboración de los planes hidrológicos de cuenca de 1998 por el CEDEX. Se expresa en hm³/año. De forma global la demanda agrícola supone en España un 80% de la demanda total, la urbana un 15% y la industrial un 5%. Según demarcaciones hidrográficas, la mayor demanda se produce en la DH del Ebro, unos 7.006 hm³/año, que es un 24% del total, esta demarcación es la mayor de todas y ocupa un 17% del territorio español; en la DH del Duero la demanda es de 3.827 hm³/año, un 13%. Esta demarcación ocupa un 16% del territorio, le siguen las demarcaciones del Guadalquivir,

con un 11% y la del Júcar, un 10% de la demanda total. Los datos sobre demanda se indican en la tabla 10.

Otro indicador es el consumo de fertilizantes en la agricultura que expresa la cantidad de fertilizantes químicos usados en agricultura, de su intensidad de uso por cada unidad de superficie (campos de cultivo y prados naturales) fertilizable. Estos productos son beneficiosos por un lado ya que aumentan el rendimiento de los cultivos pero como se ha citado anteriormente son una fuente importante de contaminación difusa de las aguas tanto superficiales, al ser arrastrados por la escorrentía como subterráneas, infiltrándose en el terreno.

Los fertilizantes químicos incluyen los valores de abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos, así como la suma de los tres anteriores. Los compuestos nitrogenados suponen unos de los mayores problemas ya que el nitrato es soluble en el agua y alcanza fácilmente las masas de agua. Una concentración elevada genera eutrofización provocando que el agua no sea apta para determinados usos. Entre los años 1995 y 2007 el consumo de fertilizantes muestra altibajos. En la siguiente tabla se indica la media para el periodo de años de 1995-2010, y los valores en 2010 en el que se observa que los valores son inferiores a la media del periodo.

TIPO DE FERTILIZANTE	MEDIA PERIODO 1995-2010	EN 2010
K ₂ O	26,98	24,40
N	64,70	63,90
P ₂ O ₅	32,35	22,90
Total España	124,04	111,20

TABLA 25. CONSUMO DE FERTILIZANTES (KG/HA). Elaboración propia. Anuario de Estadística Agroalimentaria, Marm.

Existen también los indicadores de estado que describen el estado cuantitativo y cualitativo de las aguas superficiales y subterráneas. Su análisis es muy relevante en la gestión del agua porque permite detectar los problemas existentes y aplicar medidas para frenarlos o paliarlos.

El indicador de aportación en ríos indica la aportación anual de los ríos principales en las desembocaduras y en los ríos transfronterizos con Portugal en hm³/año. Permite un seguimiento de los volúmenes de agua que desembocan en el mar. Volúmenes que dependerán de las aportaciones hídricas y de los consumos de agua que se hayan producido.

Entre los años hidrológicos 1980/81-2004/05 la aportación ha variado mucho siguiendo la pauta de los recursos hídricos naturales. La media del indicador es de 27.577 hm³/año, siendo la diferencia entre el valor mínimo registrado en 2004/05 de 9.454 hm³ y el máximo de 72.017 hm³, registrado en 2000/01. En los años 90 se registran las menores aportaciones.

En la tabla 26 Se observa que los valores registrados en el año 2004/05 son bastante inferiores a la media 1980/81-2004/05.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MEDIA PERIODO 1980/81-2004/05	MEDIA EN 2004/05
Tajo	6.295,63	2.715,93
Ebro	297,27	212,43
Guadalquivir	2.402,09	979,80
Total España	32.184,87	17.430,23

TABLA 26. APORTACIÓN EN RÍOS (HM³/AÑO). Elaboración propia. Base de datos HIDRO del CEDEX.

El indicador de almacenamiento en embalses muestra el volumen de agua almacenado en los embalses al comienzo del año hidrológico, el 1 de Octubre de cada año expresado en miles de hm³, permitiendo analizar la evolución de la reserva de agua almacenada en los principales embalses, dato clave para la gestión de los recursos hídricos porque permite evaluar si el volumen de agua disponible es suficiente para atender las demandas de agua de cada territorio. Entre los años hidrológicos 1987/88-2006/07 el indicador presenta una gran variabilidad, en el año 1994-95 hay almacenados 13.350 hm³, en el 1997/98, hay 30.640 hm³. Siendo la media del periodo 22.830 hm³.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MEDIA PERIODO 1987-2011	RESERVA TOTAL EN 2011
Tajo	5,04	4,42
Ebro	3,43	2,51
Guadalquivir	2,93	4,27
Total de España	23,96	25,18

TABLA 27. RESERVA TOTAL MEDIA 1987-2011 EN MILES DE HM³.
Elaboración propia. Boletín Hidrológico del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

La reserva en el año hidrológico 2011 en general es inferior a la media del periodo 1987-2011, excepto en la DH Guadalquivir que asciende.

A fecha de 2013 según los datos del Magrama la reserva era un 66.5% de la capacidad total. A fecha de 1 de octubre de 2013 hay una reserva total peninsular de 36.817 hm³, la vertiente Atlántica tenía una reserva de 27.968 hm³ y la Mediterránea de 8.849 hm³.

El indicador sobre los índices de explotación y consumo muestran la intensidad de la utilización de los recursos hídricos; el índice de explotación es la relación entre la demanda de agua y los recursos hídricos naturales, y el índice de consumo, es la relación entre la demanda consuntiva de agua y los recursos hídricos naturales. Se expresa como dato adimensional y son muy útiles en la planificación hidrológica.

Entre los años 1998 y 2005 ambos índices presentan una variabilidad función de los recursos hídricos naturales.

El índice de consumo medio es del 27%, con un valor máximo de 40% y un mínimo del 13%. Mientras que el índice de explotación, tiene una media del 46%, un mínimo del 22% y un máximo de 67%. Estos valores presentan diferencias importantes

en función del ámbito geográfico. En la tabla se indica la media para el periodo de 1998-2009 y para el año 2009 con valores muy inferiores a la media.

	ÍNDICE MEDIO AÑOS 1998-2009 (%)	ÍNDICE AÑO 2009 (%)
Índice de explotación	39,36	20,11
Índice de consumo	23,16	11,83

TABLA 28. ÍNDICE DE EXPLOTACIÓN Y CONSUMO. Elaboración propia. Fuente: Datos del Marm y del CEDEX.

El indicador sobre la contaminación orgánica suele expresarse como demanda biológica de oxígeno (DBO), que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida (materia orgánica biodegradable). En concreto la DBO₅ es la cantidad de oxígeno disuelto que se requiere para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos transcurridos 5 días y se expresa en mg de O₂/litro.

El indicador muestra el porcentaje de estaciones de control en ríos cuyo valor medio de DBO₅ se encuentra en cada uno de los rangos de concentración que se muestran. Hay tres rangos de concentración, 0-3 mg/l año, 3-10 mg/l año y más de 10 mg/l año.

Los vertidos urbanos y algunos industriales aumentan el contenido de materia orgánica en los sistemas acuáticos donde se realizan. Este aumento puede provocar un descenso de los niveles de oxígeno ya que en la descomposición de la materia orgánica se consume oxígeno y se liberan nutrientes que pueden desencadenar condiciones de eutrofización, consecuentemente la calidad de las aguas se deteriora.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	INTERVALO 0-3 MG/L, AÑO 2010 (% ESTACIONES)	INTERVALO 3-10 MG/L, AÑO 2010 (% ESTACIONES)	INTERVALO >10 MG/L, AÑO 2010 (% ESTACIONES)
Tajo	97,26	2,74	0,00
Ebro	97,26	2,74	0,00
Guadalquivir	58,54	39,02	2,44
Total de España	86,13	12,08	1,80

TABLA 29. PORCENTAJE DE ESTACIONES CON DETERMINADA CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA. Elaboración propia. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Observando los datos de la tabla se observa que para el total de España es mayoritaria la existencia de estaciones con menor concentración de materia orgánica, al igual que en las otras tres cuencas seleccionadas. De estas la DH Guadalquivir es la que mayor porcentaje presenta de estaciones con contaminantes.

Con respecto a la contaminación orgánica de los ríos, en los últimos años se aprecia una mejoría. En 2012 el porcentaje se ha incrementado con respecto a 2011, de 3,23% a 1,36%.

El indicador sobre nitratos en acuíferos muestra el porcentaje de estaciones de control de la calidad en las aguas subterráneas, con valores de concentración media de nitratos en cada uno de los rangos que se muestran. La contaminación por nitratos es uno de los problemas de calidad de las aguas subterráneas más extendidos en España debido a la contaminación difusa que provocan las actividades agropecuarias, fundamentalmente por el uso excesivo o inadecuado de fertilizantes nitrogenados, que contienen nitratos solubles en agua y por lo tanto que alcanzan fácilmente las aguas subterráneas; y por un manejo incorrecto de los residuos ganaderos. Gracias a los datos que proporciona puede conocerse la incidencia que estos tienen y comprobar si las medidas aplicadas para solucionarlo funcionan.

Las estaciones en las que la concentración media de nitratos es superior a los 50 mg/l han pasado de representar el 22% del número total de estaciones en el año 2003 al 24% en 2007, alcanzando un máximo del 34% en 2002. Por otra parte, las estaciones con concentración media inferior a los 25mg/l son el 53% en el 2003 y el 55% en 2007, llegando a un máximo del 57% en el 2006.

En la tabla 30 se observa que la DH Tajo muestra un mayor porcentaje de estaciones con baja contaminación frente por ejemplo a la DH Guadalquivir con un porcentaje importante de estaciones con alta concentración.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	INTERVALO < 25 MG/L	INTERVALO 25-50 MG/L	INTERVALO > 50 MG/L
Total España	59,60	21,67	18,71
Tajo	52,94	23,52	23,52
Ebro	39,39	36,36	24,24
Guadalquivir	42,85	14,28	42,85

TABLA 30. PORCENTAJE DE ESTACIONES SEGÚN CONCENTRACIÓN DE NITRATOS (MG/L), % ESTACIONES, 2010. Elaboración propia. Fuente: Marm, Libro digital del agua.

El Magrama proporciona información acerca de la calidad de las aguas superficiales, indicando el porcentaje de estaciones de control según contaminación orgánica de los ríos (DBO₅), los datos más recientes son de 2013. Divide los intervalos en tres tramos (0-3 mg/l, un segundo de 3-10 mg/l y un tercero de >10 mg/l en porcentajes). En total en España hay un 89,85% de estaciones de control con una cantidad entre 0-3 mg/l, un 8,92% entre 3-10 mg/l y el resto, un 1,23% con más de 10 mg/l. En el caso que nos ocupa de la DH del Tajo estos datos son respectivamente de menos a más cantidad de 90%, 9% y 1% de estaciones, por lo que la mayor parte de las estaciones tiene muy baja cantidad, sigue la misma tendencia que en general en España. La DH del Guadalquivir se comporta de forma diferente con unos porcentajes de 64%, 34%, 2% de estaciones, sus aguas tienen niveles más altos de contaminación orgánica.

También hay indicadores de impacto que permiten evaluar la repercusión de la actividad humana en el medio acuático y la eficacia de las medidas implementadas para mejorar el estado de las aguas, como por ejemplo el indicador sobre el

estado de las masas de agua que de una manera global muestra el cumplimiento de los objetivos ambientales establecidos para las masas de agua superficiales y subterráneas. Otro indicador a destacar son los de respuesta que permiten evaluar el esfuerzo realizado para la mejora del medio ambiente acuático. Estos indicadores sintetizan las políticas de protección y mejora del estado de las aguas y son útiles en la definición de las medidas apropiadas y en la información al público.

El indicador sobre presas en activo indica el número de presas que se encuentran en explotación al final de cada año. El número de presas en España ha pasado de tres a más de mil cien desde comienzos del siglo XX hasta el año 2006. Aumentando el número de presas a partir de la década de los 50. Entre 1950 y 1990 funcionaron 762 presas. Dicho ritmo desciende a finales del siglo XX, aunque en la década de los 90 entraron en explotación 136 presas más. Este indicador muestra la evolución del número de presas que se encuentran en funcionamiento indicando el nivel de regulación que existe en los ríos. En la tabla se observa que la DH Ebro tiene el mayor número de presas en España, seguida por la DH Tajo. Por el contrario la que menos es la DH de Guadalete y Barbate, de España peninsular.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MEDIA TOTAL 1900/2012	Nº PRESAS EN ACTIVO 2012
Total España	432	1.053
Tajo	72	200
Guadalete y Barbate	5	17
Ebro	105	206

TABLA 31. NUMERO DE PRESAS EN ACTIVO, MEDIA TOTAL 1900-2012. Elaboración propia. Inventario Nacional de Presas del Marm.

El indicador sobre volumen de agua reutilizada muestra el volumen de agua depurada que se reutiliza cada año. Este se refiere a las aguas que se depuran antes de su reutilización sometiénolas a un tratamiento de regeneración para que no exista ningún riesgo sanitario en su empleo, considerándose un recurso alternativo para algunos usos. En la tabla 32 se indica el volumen de esta agua para el año 2007 según datos del Cedex, donde se aprecia que la DH Júcar es la que tiene mayor volumen y la que menos el Cantábrico oriental.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	VOLUMEN DE AGUA REUTILIZADA
Tajo	6,23
Júcar	128,43
Ebro	13,94
Cantábrico oriental	0

TABLA 32. VOLUMEN DE AGUA REUTILIZADA (HM³/AÑO). Elaboración propia. CEDEX.

El indicador sobre la capacidad de desalación indica la capacidad de desalación instalada. Es una fuente alternativa de recursos hídricos en zonas donde el agua es escasa, con lo que disminuye la presión sobre los recursos hídricos convencionales constituyendo en algunas partes de España un recurso fundamental. Como se observa en la tabla 33 las mayores capacidades se localizan en Andalucía y Valencia, zonas donde el recurso llega a escasear.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CAPACIDAD DE DESALACIÓN
Madrid	800
Cantabria	340
Andalucía	757.368
Valencia	714.080
Canarias	671.602
Murcia	454.698

TABLA 33. CAPACIDAD DE DESALACIÓN (M³/DÍA). Elaboración propia. Fuente: CEDEX.

El siguiente indicador muestra la eficiencia del uso de agua urbano indicando el porcentaje del volumen de agua abastecido respecto al volumen de agua introducido en las redes de distribución urbanas, siendo la diferencia entre ambos el volumen de agua perdido por fugas en las redes de distribución de abastecimiento público urbano. Es importante ya que a mayor eficiencia mayor ahorro del agua.

En el periodo entre 1996 y 2006 la eficiencia en el uso del agua urbano ha aumentado un 5% de media en toda España, pasando del 75% al 80% del agua abastecida respecto al volumen de agua introducida en las redes de distribución, si bien en los primeros años de este periodo ha sufrido un retroceso. En las comunidades de Aragón y en el País Vasco se registran los mayores aumentos. En la tabla 34 se aprecia la comparación entre comunidades, la eficiencia en Extremadura y Castilla La Mancha ha disminuido y Madrid ha aumentado su eficiencia con respecto a la media.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	EFICIENCIA MEDIA TOTAL 1996-2009 (%)	EFICIENCIA 2009 (%)
Total España	76,18	77,4
Extremadura	77,51	74,81
Madrid	85,54	90,22
Castilla-La Mancha	77,79	66,25

TABLA 34. EFICIENCIA DEL USO DE AGUA URBANO (%). Elaboración propia. Fuente: Encuesta sobre suministro y tratamiento de agua en España realizada por INE.

4.3. AVENIDAS, INUNDACIONES Y SEQUIAS

En España tienen lugar algunos fenómenos hidrológicos extremos, entre los que se destacan las avenidas, las inundaciones y las sequías.

Las avenidas, crecidas o riadas, se pueden producir por fenómenos meteorológicos muy diferentes pero lo más frecuente es que se generen por lluvias extraordinarias que provocan caudales extremos, debido a precipitaciones que, en pocas horas, alcanzan valores superiores al promedio de todo el año.

Las inundaciones por lo general se originan por lluvias de tipo convectivo a media o gran escala, a veces llamadas «gota fría», no supera las 24 horas de desarrollo y puede llegar a cubrir hasta unos 8.000 km², aunque también puede deberse a lluvias de tipo convectivo a pequeña escala, las clásicas tormentas de verano, de alta intensidad pero corta duración, 2 ó 3 horas, y extensión reducida. Generalmente ocurren en otoño y afectan sobre todo a la cuenca mediterránea, generan daños materiales y pueden provocar víctimas mortales, convirtiéndose en un problema territorial, con amplias repercusiones socioeconómicas, aunque las crecidas son, en su origen, un fenómeno natural físico e hidrológico ya que simplemente es la respuesta de caudales altos a las fuertes tormentas, el problema está en la gran diferencia entre los caudales ordinarios y extraordinarios de algunos ríos. La cubierta vegetal atenúa las crecidas pequeñas y medianas, pero la intervención humana ha modificado las zonas inundables modificando su respuesta frente a una inundación, pudiendo llegar a generar problemas allí donde no tendría que haberlos. Además en España existe una gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios de algunos ríos lo que hace que el problema de las inundaciones sea de gravedad, por ello los Planes Hidrológicos de cuenca en la mayoría de grandes ciudades plantean acciones estructurales por la gravedad que entrañan las inundaciones en estas zonas.

La pluviometría más torrencial se desarrolla a lo largo de los litorales mediterráneo y cantábrico, Pirineos, y divisorias del Guadiana y Tajo, según datos del CEDEX, siendo más uniforme en las dos mesetas. Hay registradas más de 65 avenidas en el siglo pasado, donde destacan las zonas del río Tajo en Aranjuez y en Talavera, el río Jarama en San Fernando de Henares, el río Tiétar, y el río Alagón, porque han ocurrido y por sus efectos.

Los riesgos por inundación se han visto reducidos como consecuencia de las regulaciones efectuadas en los grandes ríos de la cuenca, así ciudades como Aranjuez y Talavera que estaban sufriendo con gran frecuencia los efectos de las inundaciones han comprobado cómo el período de recurrencia de éstas ha aumentado considerablemente. Después de la construcción de los embalses de Entrepeñas y Buendía, y gracias al efecto regulador y laminador de avenidas de estos embalses, Aranjuez no ha vuelto a sufrir inundaciones a causa de crecidas del río Tajo. También Talavera de la Reina se beneficia de las regulaciones realizadas en los ríos de aguas arriba, especialmente el Tajo, Jarama y Alberche.

La sequía es un fenómeno cuyo origen es la escasez de precipitaciones que supone una disminución importante de los recursos hídricos durante un período suficientemente prolongado y afectando a áreas extensas, de carácter lento y progresivo.

No hay una definición de sequía universalmente aceptada sino que esta varía de un lugar a otro, en España provocan problemas como que millones de habitantes sufren restricciones, la producción agrícola disminuye, los daños ambientales (disminución del caudal de ríos, nivel de lagos, humedad del suelo y en las aguas subterráneas) a veces no pueden ni cuantificarse, pero generan importantes pérdidas económicas y desigualdades socioeconómicas. Como positivo cabe destacar que a lo largo de los años cuando ha ocurrido un episodio de sequía, se ha incorporado la gestión de sequías en la planificación general y no como situación de emergencia. Desde 2004 se dispone de Planes Especiales de Sequía para la detección temprana de las sequías, como se verá más adelante.

Algunas características de las sequías meteorológicas en la cuenca del Tajo son que los años secos se presentan con una frecuencia superior a los húmedos y con menor intensidad; la duración de los ciclos varía pero suele ser superior a los tres años. Algunas de las sequías más importantes son las que tuvieron lugar entre los años 1943/44 a 1944/45 (2 años con una precipitación media de 429 mm), y por ejemplo la de 1990/91 a 1994/95, la precipitación media apenas alcanzó los 500 mm anuales; destacando que en 2004 tuvo lugar una de las sequías más severas, según el Instituto Nacional de Meteorología.

4.4. CONTAMINACIÓN Y CALIDAD DE LAS AGUAS

La contaminación no es algo novedoso desde hace muchos años ríos, lagos y mares recogen basuras y vertidos producidos por el hombre. Las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales fue donde comenzó esta contaminación de espumas y productos químicos, entre otros. En este siglo el problema se extendió a ríos y mares de todo el mundo. De carácter antropogénica esta contaminación es puntual, se origina en un foco emisor y afecta a una zona concreta. El ciclo natural del agua por sí mismo tiene una gran capacidad de purificación, pero esta se ve superada en la mayoría de los casos.

En los países desarrollados se ha mejorado mucho pero el problema se traslada a los países en vías de desarrollo, además es un tema muy importante porque la contaminación disminuye la cantidad disponible de agua de calidad apta para su uso, siendo por ejemplo en los países en vías de desarrollo, una de las principales causas de muerte infantil.

Se pueden resumir en cuatro los focos de contaminación antropogénica, la industria, los vertidos urbanos, que principalmente son residuos orgánicos, la navegación (mayormente hidrocarburos), y la agricultura y ganadería que producen sobre todo vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas.

Las aguas del Tajo reciben los vertidos de las aguas residuales urbanas e industriales, registrando niveles muy altos de materia orgánica y nutrientes. La Comunidad de Madrid cuenta con el mayor número de estaciones depuradoras de la zona debido a su gran densidad de población y a todo el volumen que tienen que abastecer, con un consumo predominantemente urbano e industrial. La mayor presión poblacional se localiza en la zona medio-alto de la cuenca que provoca un

uso muy focalizado del recurso ocasionando problemas de alteración de cauces y trasladándose la contaminación aguas abajo.

Las aguas subterráneas están amenazadas por la contaminación, la sobreexplotación y la salinización, pudiendo ser la contaminación en estas puntual o difusa. Se contaminan con mayor dificultad que las superficiales pero el problema es más difícil de detectar y solucionar, además tienen una escasa capacidad de autodepuración. Su sobreexplotación durante la segunda mitad del siglo pasado aumentó a nivel mundial, sin tener en cuenta la capacidad de recarga de estos, dañando mucho los sistemas, lo que puede producir consecuencias negativas como la reducción en los niveles de agua que puede llegar a ser permanente. Los principales problemas detectados son la contaminación por nitratos, metales pesados y compuestos orgánicos, y la salinización, debido a actividades humanas como la agricultura, ganadería, vertidos de efluentes derivados de actividades urbanas y mineras.

Otra situación de contaminación en nuestro país sucede en el litoral mediterráneo, gravemente afectado por los problemas de intrusión marina, mayormente en la parte oriental, principalmente generado por bombeos excesivos de agua subterránea, pero también por el efecto de la recirculación de aguas de riego cargadas de sales que se añaden en los tratamientos agrícolas y por las escasas precipitaciones, inutilizando el agua para usos domésticos y agrícolas.

El mejor método para conservarlas es mediante la prevención de la contaminación fijando normas que eviten vertidos incontrolados y la instalación de actividades peligrosas sin las adecuadas medidas de seguridad, además los costes para poder solucionar estos problemas son elevados y se está haciendo muy poco en este campo.

Uno de los llamados contaminantes emergentes son los fármacos, entre un 25-30% (cifras de España y Europa) de los medicamentos caducados acaba en el agua. Las clases que demandan una mayor y más urgente atención debido a la falta de conocimiento de sus efectos medioambientales y ecotoxicológicos, son los cloroalcanos, los compuestos perfluorados y los retardantes de llama bromados.

Otra actividad a destacar que genera contaminación de aguas superficiales y subterráneas es el uso excesivo de insecticidas y pesticidas en la agricultura. Su uso supone una fuente importante de contaminación difusa de las aguas ya que, al aplicarse en grandes superficies se va infiltrando en el terreno y alcanzan las aguas subterráneas, lo que con el tiempo puede provocar graves problemas de contaminación; también llegan a las aguas superficiales al ser arrastrados por escorrentía o indirectamente a través de las aguas subterráneas contaminadas, pudiendo provocar esta contaminación difusa eutrofización en embalses y acuíferos. El problema es que sólo se conocen los efectos reales de un número muy reducido de ellas, por lo que incluso las medidas de la contaminación que existe actualmente no garantizan la inocuidad o la calidad de las aguas para la vida natural o para el consumo humano. Además el crecimiento en la demanda de cultivos conlleva el mayor uso de pesticidas y nutrientes, con lo que pueden suponer una mayor amenaza para la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Según el Ministerio de Medio Ambiente, en 25.000 km de cauce de nuestros ríos, es decir, en el 33% de los cursos fluviales españoles, existe una contaminación severa.

Hay algunas características del agua que condicionan dicho problema como por ejemplo que si el agua está previamente contaminada su capacidad de absorber la contaminación será menor, las aguas turbulentas dispersan mejor los contaminantes que las estáticas, además si el relieve es abrupto se favorece una dinámica más turbulenta y se facilita la dispersión, la presencia de ciertos organismos puede favorecer la depuración y en las zonas con alta pluviosidad aumenta el caudal del receptor y por lo tanto su capacidad de dispersar la contaminación.

La DMA exige que se establezcan programas de seguimiento del estado de las aguas para obtener una visión general coherente y completa del estado de las aguas subterráneas en cada demarcación hidrográfica. Estos programas deben incluir el seguimiento del estado en el que se encuentran para el cual la red debe proporcionar datos sobre el estado cuantitativo de las masas de agua subterránea y una evaluación de los recursos disponibles, el parámetro utilizado para ello es el nivel del agua; y químico permitiendo así detectar una posible contaminación por la actividad humana.

Estos programas de control de vigilancia deberían de fijarse para cada período que abarcase el plan hidrológico. Como en todo el mejor método de protección es la prevención, pero entre las medidas que se pueden adoptar para prevenir su contaminación se destacan el control de la cantidad de fertilizantes y pesticidas empleados en la agricultura y el estudio de la localización de los posibles focos de contaminación para evitar que los contaminantes puedan llegar al acuífero, con la finalidad de proteger el medio ambiente y la salud humana.

Es necesario proteger la calidad de las aguas donde se extraen o crían especies acuáticas tanto para permitir el desarrollo de estas especies como para proteger la salud de los consumidores. Dentro del registro de zonas protegidas se incluyen las que se han declarado de protección de especies acuáticas significativas desde el punto de vista económico por parte de las respectivas autoridades competentes. Además los nuevos planes hidrológicos contemplan la evolución de la calidad del agua a lo largo de los ríos en diferentes situaciones y su posible evolución futura, ya que esta contaminación supone un problema, todo ello mediante el uso de modelos informáticos homogéneos para poder realizar comparaciones y colaborando con técnicos y responsables del trabajo.

Como se citó anteriormente, en la actualidad, la calidad de las aguas no es buena, debido a vertidos incontrolados, a aspectos no contemplados en la legislación vigente, en ocasiones por factores del comportamiento de la sociedad y a la poca sensibilización de algún sector de esta y, a los vertidos y aspectos no contemplados en la legislación vigente, lo que deja al descubierto que todavía queda por hacer en este sentido, ya que una calidad del agua mala puede afectar al desarrollo económico de un país y a la salud de su población. Datos más concretos indican que la calidad del agua en la cuenca de estudio es regular, la Confederación indica que sólo el 2,72% de sus masas de agua superficiales está en condiciones de cumplir con los objetivos ambientales de la DMA, según datos del plan hidrológico el estado químico de las aguas de los ríos es bueno en un 99%, un 1% no alcanza el «termino bueno» y del 100% para lagos y embalses. En cuanto al estado químico de las masas de agua un 75% tiene un estado bueno y un 25% malo.

La deficiente depuración de las aguas urbanas de Madrid y de su área metropolitana hace que el 21% de los embalses (fundamentalmente los situados entre Toledo y Portugal) estén eutrofizados. A ello se suman las malas prácticas de algunas plantas depuradoras (La China en Madrid, por ejemplo). La pérdida de recursos hídricos debido a la contaminación es muy importante en su parte media y baja. El 80% de los acuíferos están afectados por contaminación por nitratos. Los vertidos industriales (accidentales o intencionados) son frecuentes y causan, entre otros problemas, importantes mortandades de peces.

Para evaluar la calidad de las aguas en los ríos hay distintas redes, todas ellas englobadas en la red Integrada de Calidad del Agua (ICA).

Dentro de la vigilancia de la calidad de las aguas, la red la integran 339 estaciones en las que se controlan indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos. De las que 258 están localizadas en ríos, 74 en embalses y 7 en lagunas. Por ejemplo en el año 2013 se tomaron 1.112 muestras en los ríos españoles y 300 en embalses, en este año se ha realizado una campaña de control de nitratos en 27 estaciones de la Red de Control de Calidad de las Aguas Subterráneas.

Para el seguimiento y vigilancia de la calidad de las aguas, están las redes de control, su objetivo fundamental es suministrar información sobre el estado y evolución de las aguas superficiales y subterráneas, permitiendo conocer mediante análisis de las muestras las características físico-químicas y biológicas tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas, estando entre sus objetivos evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad y de la legislación vigente, conocer el estado actual de la calidad del agua, vigilar de forma sistemática la calidad de las aguas afectadas por los vertidos y la contaminación difusa y servir de base para la adopción de estrategias para combatir la contaminación.

Se distinguen dos tipos de estaciones en función de su funcionamiento, la red ICA (Red Integral de Calidad del Agua) de muestreo manual que engloba las redes de control de calidad de las aguas superficiales, se toman muestras de manera periódica, y las automáticas, la red SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas), constituida por estaciones automáticas de alerta llamadas EAA, que producen información continua de algunos parámetros de calidad y la transmiten en tiempo real a una serie de centros de control y de decisión. Algunos de sus objetivos son proteger las captaciones de agua destinada al abastecimiento de poblaciones.

Se pueden citar otras redes de control y vigilancia como la red Eionet, la red CEMAS, entre otras.

El Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (PNSD) está logrando una regulación de los vertidos y que cada vez mayor número de habitantes esté conectado a sistemas de depuración.

Siendo alguno de los objetivos medioambientales a alcanzar para las aguas superficiales lograr un buen estado de las masas mediante su protección y regeneración, prevenir su deterioro y reducir la contaminación y vertidos a la que se ven expuestas. Mientras que para las aguas subterráneas son por ejemplo, evitar su deterioro y contaminación evitando la entrada de contaminantes, garantizar su ritmo de

extracción y de recarga. Para las masas de agua artificiales se exige que se protejan para conseguir un buen estado ecológico y químico.

4.5. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El cambio climático aumenta la presión existente sobre los recursos hídricos sobre todo en las zonas que ya sufren escasez de agua. Aunque solo pueden hacerse predicciones generales sobre el impacto que este tendrá sobre los recursos hídricos, los fenómenos meteorológicos extremos derivados del calentamiento global, como las tormentas e inundaciones, se volverán probablemente más frecuentes y graves; derivándose problemas como que por ejemplo las lluvias disminuirán en todo el Mediterráneo, con la consecuente disminución de agua disponible, en España será entorno al 30%.

La atmósfera podrá almacenar más agua en forma de vapor, debido a que el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero hace que esta absorba una proporción creciente de la energía de onda larga emitida por la superficie de la Tierra, y por tanto que suba la temperatura en la superficie, lo que en conjunto provocará que se evapore más agua y aumente la lluvia a nivel global. El Consejo Nacional del Clima prevé escenarios climáticos para España que indican una disminución de las precipitaciones medias anuales y un aumento de las temperaturas, lo que provocara una disminución de la escorrentía total, y de las aportaciones de los ríos (según algunos escenarios para 2033 habrá una reducción del 7%), cuya causa principal parece ser el aumento de las temperaturas consecuencia del cambio climático.

Los recursos hídricos disponibles según los datos procedentes del MARM, que se indican en la tabla 35, indicado según las aportaciones a los cauces, se han reducido entre 1996 y 2005 más de un 14% con respecto a los valores medios obtenidos en el periodo 1940-1995.

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	APORTACIÓN MEDIA 1940-1995	APORTACIÓN MEDIA 1996-2005
Tajo	10.533	9.012
Ebro	17.189	13.555
Guadalquivir	8.770	8.113
Total	108.809	93.232

TABLA 35. APORTACIONES MEDIAS ANUALES (HM³/AÑO).

Elaboración propia. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Esta reducción se ha producido de manera desigual tanto por cuencas como dentro de la misma cuenca. No obstante, todas han visto mermados de manera importante sus recursos. La reducción ha sido especialmente importante en la

cuenca del Segura, próxima al 40%, también en las del Guadiana, sobre todo en su cabecera, y en la del Ebro y las Cuencas Internas de Cataluña, que han perdido en tan sólo 10 años del orden de una quinta parte de sus aportaciones.

Entre 1996 y 2005, para un nivel de precipitaciones que podemos considerar como normal, incluso ligeramente superior al obtenido de media a lo largo del siglo XX, nos encontramos con que las aportaciones a los cauces en ese periodo se han visto reducidas de manera importante.

En la parte sureste peninsular, en la cuenca del Guadiana, el valle del Ebro y los archipiélagos, se prevé un mayor impacto, área ya caracterizada por sus problemas hídricos. El aumento de un grado centígrado y una disminución del 5% en la precipitación supondrían un descenso en las aportaciones de estas áreas del orden del 20%. La reducción de las aportaciones hídricas a los cauces en la Península Ibérica se trata de un problema medioambiental muy grave, con importantes consecuencias ambientales, sociales y económicas. Pero como apunte positivo hay que destacar que se están tomando las medidas necesarias para frenar el cambio climático y ajustando las demandas actuales y futuras a los recursos hídricos disponibles que, según la tendencia actual, van a ser cada vez más escasos.

Un efecto potencial del cambio climático sobre los recursos convencionales en el futuro, es que se prevé que para 2060, la disponibilidad de los recursos convencionales en cada una de las cuencas hidrográficas se reduzca en general entre un 6-34%.

Según datos de la Agencia Estatal de Meteorología, durante el periodo 1973-2005 tanto las temperaturas medias como las máximas y mínimas han sufrido un incremento considerable.

ESTACIÓN	TEMPERATURA MÁX. DIARIA	TEMPERATURA MIN. DIARIA	TEMPERATURA MEDIA DIARIA
Invierno	0,35	0,06	0,27
Primavera	0,82	0,66	0,77
Verano	0,73	0,62	0,67
Otoño	0,13	0,43	0,29
Anual	0,51	0,47	0,48

TABLA 36. INCREMENTOS ANUALES Y ESTACIONALES DE LAS TEMPERATURAS DIARIAS. PERIODO 1973-2005 (°C/DÉCADA). Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

En las últimas décadas la temperatura se está incrementando, en los meses de primavera, que justo coincide con una época en la que se concentran una parte importante de las precipitaciones anuales, lo que conlleva que las pérdidas por el incremento de la evaporación y la evapotranspiración sean más importantes en otras épocas del año. Por tanto aumentan los coeficientes de evaporación directa y evapotranspiración, lo que necesariamente conlleva a una reducción en el coeficiente de escorrentía.

A la vista de estos resultados se puede afirmar que la importante reducción de las aportaciones a los cauces que se está produciendo en los últimos años en nuestro

país tiene su principal causa en la subida de las temperaturas que está teniendo lugar como consecuencia del cambio climático. Sin embargo, la planificación que se está realizando en las diferentes cuencas está subestimando esta disminución de los recursos hídricos, lo que nos aboca a una situación de insostenibilidad aún mayor y más complicada de gestionar.

En 2006 se presentó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que contempla una serie de acciones concretas para la evaluación de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos. Incluye «Programas de Trabajo» y memorias anuales de seguimiento de cada actividad en curso. Estas son compiladas en un informe general cada cuatro años por la Oficina Española de Cambio Climático.

5. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La planificación del uso del agua es básica para alcanzar un uso sostenible del recurso, mediante la coordinación de todos los agentes implicados. España es especialmente sensible a la gestión del agua por sus características climatológicas y el déficit existente de este recurso en gran parte de su territorio, situación que se ha acentuado en los últimos años con el incremento del consumo derivado de los desarrollos urbanos, agrícolas, industriales y turísticos. Por estas razones son necesarios instrumentos para prevenir problemas de escasez y que a la vez aseguren una buena gestión de los recursos hídricos disponibles, consiguiendo en condiciones de escasez un equilibrio entre la oferta y la demanda que fomenten el ahorro de este preciado recurso, ya que en algunos territorios puede ser un factor limitante para el desarrollo económico debiendo priorizarse los usos cuando hay competencia entre ellos.

La gestión de agua en España ha sido una parte fundamental en la política de desarrollo económico del siglo XX, en el cual el número de presas y las infraestructuras de riego aumentaron a buen ritmo, y donde el estado se encontraba muy implicado en la construcción de obras hidráulicas, con un objetivo claro, aumentar el agua disponible para riego y la generación de energía hidroeléctrica, considerados el motor de la política de desarrollo económico español. En 1900 existían unas 60 presas y siendo 270 en 1950, llegando a construirse a un ritmo de 20 presas al año.

Los gestores, tanto gubernamentales como del sector privado, han de tomar decisiones complicadas sobre la asignación del agua, enfrentándose a problemas como una demanda creciente y una oferta que disminuye, siendo necesario un enfoque integrado para la gestión del agua, que conducirá a alcanzar un uso eficiente y sostenible de estos. El problema es que estas decisiones provocaran conflictos políticos y sociales, y para poder realizar una gestión sostenible hay que impedir que influya la política y los intereses económicos que no tienen en cuenta la administración del bien a largo plazo ni en uso colectivo. Debiendo entenderse la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, como una herramienta al servicio de la gestión sostenible del agua que incluya la dimensión económica, social y medioambiental y la variable energía. Tiene varios ámbitos de actuación como la gestión sostenible de

los recursos hídricos que implica que se garantice el suministro de recursos para el abastecimiento urbano y de las actividades económicas, que se alcance el buen estado de las masas de agua y se minimicen los daños por sequía, alcanzando una buena participación pública y disponiendo de información actualizada, debiendo conocer bien los recursos hídricos, su distribución, características y ciclo del agua para poder realizar una buena gestión de ello, además de tener en cuenta dos factores principales la cuantificación de los recursos hídricos disponibles, especialmente los renovables, y la estimación de las demandas de los diferentes sectores consumidores de agua, datos que se han tratado anteriormente.

La gestión de la calidad del agua en nuestro país debería basarse en los principios que emanan de la Unión Europea, asumidos por las Administraciones públicas encargadas de su aplicación, ya que a nivel administrativo esta es la institución que lidera el marco jurídico más avanzando para la planificación y gestión integral de los recursos hídricos, con la consiguiente adopción por parte de las legislaciones nacionales en cada uno de los países miembros de la DMA, que impulsa la política de gestión integrada del agua. Según esta, el agua es una responsabilidad de todos, exige a los organismos de cuenca que fomenten la participación pública en la planificación hidrológica y entre sus objetivos destaca el mantenimiento del buen estado de las masas de agua, el enfoque integral ya no solo considera la calidad de estas aguas mediante el uso conjunto de indicadores biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos.

Mientras la Administración General del Estado está desarrollando un nuevo enfoque en la gestión del agua, creando nuevos métodos de regeneración y reutilización, en la modernización de regadíos, y en el fomento de la investigación y la incorporación de nuevas tecnologías para garantizar su calidad y disponibilidad.

El MARM español elabora los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas, que son los documentos en los que se determina el reparto de los recursos hídricos entre los diferentes usos para los próximos años (abastecimiento urbano, agricultura, industria, etc.). Estos coordinan los planes de las cuencas y diseñan las actuaciones generales, lo que requiere esfuerzos de diálogo, de participación y procesos de información pública. Entre sus objetivos destacan conseguir una buena calidad del agua para beber, un autoabastecimiento hídrico de cada cuenca eliminando dependencias, prevenir inundaciones, sequías y mantener los ecosistemas acuáticos. Atienden a principios de la legislación europea, española y a compromisos internacionales de España en materia de agua, seguridad y medio ambiente.

El Plan Hidrológico Nacional (PHN), está formado por los PH de cuenca, elaborados por las Confederaciones Hidrográficas de Cuenca llamados ahora Organismos de Cuenca, que se encargan de conceder los permisos para los diferentes usos del agua y son responsables del mantenimiento y protección de los embalses y de las cuencas de captación de agua, protegiendo y fomentando el uso sostenible del agua. Cuentan con varios órganos consultivos para aumentar la participación de los usuarios en la toma de decisiones.

Esta planificación hidrológica se apoya en tecnologías como los sistemas de recolección y gestión de la información hidrológica mediante redes de medición de las aguas superficiales y subterráneas; modelos matemáticos complejos para el diseño

de programas de medida eficaces; redes de seguimiento del estado de las masas de agua y sistemas para el diagnóstico del estado de estas, además de sistemas de información geográfica e infraestructuras espaciales asociadas. Por tanto se apoya en una buena base de información hidrológica, que entre otros conforman la Red Oficial de Estaciones de Aforo y el Boletín Hidrológico Semanal. Esta información hidrológica se gestiona mediante las redes de medida hidrológicas que se manejan a través de 4 redes, que son la Red Oficial de Estaciones de Aforo, el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), la evaluación de recursos hídricos procedentes de la innivación y el sistema de información sobre recursos subterráneos.

Las redes de medida de variables meteorológicas e hidrológicas son el elemento básico para el seguimiento y vigilancia de la cantidad y la calidad de las aguas. Existen diversos tipos de redes; según el origen del agua que se pretenda controlar, las redes pueden ser de aguas superficiales o subterráneas. El Sistema de Información del Anuario de Aforos, incluye los Anuarios de Aforos y tienen como objetivo la publicación de los datos hidrológicos suministrados por las Confederaciones Hidrográficas y Administraciones Hidráulicas de Cuencas Intracomunitarias, proporcionando los datos hidrológicos procedentes de las estaciones de aforo en ríos, embalses, conducciones y estaciones evapométricas asociadas a los embalses. También representa la ubicación y datos descriptivos de la «Red Oficial de Estaciones de Aforo» (ROEA), a escala 1:50.000, y aquellas estaciones pertenecientes al SAIH cuyos datos han sido validados finalmente por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Existen varias redes de medida para registrar variables hidrológicas y parámetros de calidad fisicoquímica y biológica para realizar su seguimiento. En estas existen distintos tipos de estaciones de medida como puntos de muestreo o equipos automáticos. Gracias a esta información el ministerio pone la información sobre los datos hidrológicos a disposición del público interesado y para otras entidades para que puedan trabajar con ellos. Mediante la elaboración de informes se analiza y publica la información recogida por las redes de medida para que ésta sea accesible y útil para aquellos implicados en la toma de decisiones y el público en general.

El Boletín hidrológico y los Informes de seguimiento de la sequía son los informes periódicos sobre el agua más importante. El boletín hidrológico se elabora y publica semanalmente a partir de los datos de las Demarcaciones Hidrográficas, las Administraciones Hidráulicas en las cuencas intercomunitarias, el Instituto Nacional de Meteorología y Red Eléctrica de España. La información es recopilada y tratada por el Ministerio de Medio Ambiente. Sus objetivos principales son las precipitaciones y la energía hidroeléctrica almacenada y producida, el conocimiento de las reservas hidráulicas en tiempo real, el estado de las reservas destinadas a riego, abastecimiento de poblaciones y la situación de los sistemas de explotación.

Profundizando en el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), que surgió en la década de los ochenta debido a la necesidad de gestionar la explotación de los sistemas durante las avenidas y reducir sus efectos en forma de inundaciones, el Sistema SAIH del Tajo capta, tramite, procesa y presenta información del estado hidrológico e hidráulico de la cuenca, basándose en procedimientos informáticos y apoyado en una red de comunicaciones. Estos datos una vez

procesados y validados tienen que ser y son utilizados por los distintos servicios de la Confederación Hidrográfica del Tajo, además de otros organismos o empresas públicas y privadas. Sus principales objetivos son servir de sistema de información en tiempo real para gestionar las sequías, avenidas, calidad del agua, caudales ecológicos y riegos.

En concreto en la cuenca del Tajo la previsión de avenidas y su gestión están muy presentes, ya que sobre todo los afluentes de la margen derecha (Henares, Jarama, Guadarrama, Alberche, Tiétar, Árrago y Alagón) dan lugar periódicamente a avenidas de cierta importancia. El Plan Especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía tiene como objetivos la evaluación de riesgos, la articulación de las medidas de control, implantar medidas mitigadoras y reducir los efectos ambientales y socioeconómicos de estas situaciones extremas.

El Proyecto del SAIH de la cuenca del Tajo se elaboró en 1994, cuenta con una red de 202 puntos de control con un sistema de comunicaciones vía satélite, tiene un centro de cuenca, 3 centros de explotación y 4 puntos de presentación de datos. El centro de control está ubicado en Madrid, y se encarga de la gestión; los puntos de control se encargan de captar datos locales y transmitirlos al centro de cuenca; los centros de explotación reciben la información del centro de control, se localizan en Guadalajara, Talavera de la Reina y Plasencia; y los puntos de presentación de datos que reciben la información procedente del centro de control. Se localizan en Entrepeñas, La Roda, Toledo y Cáceres.

Para el seguimiento de las actuaciones públicas en materia de planificación hidrológica es necesaria la disponibilidad de datos estadísticos sobre el agua, en todas sus dimensiones cuantitativas o cualitativas. Estas forman parte del Plan Estadístico Nacional. Esta información se consigue mediante la realización de encuestas medioambientales, por ejemplo una de ellas sobre el Suministro y Saneamiento del Agua.

El Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo se ha redactado aprovechando la complementariedad hidrológica de las aguas superficiales y subterráneas allí donde se ha hecho necesaria y postula con carácter general una gestión coordinada de éstas para lo cual dispone una serie de medidas, define un perímetro de protección del acuífero de la zona de Madrid y potencia el conocimiento de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos mediante redes de control y estudios que intensifiquen la investigación hidrogeológica, la utilización racional y la protección frente a la contaminación y la sobreexplotación de las aguas subterráneas.

El Plan, de acuerdo con la Ley de Aguas, pretende racionalizar los usos del agua respetando el medio ambiente y los demás recursos naturales, para lo que incorpora un amplio conjunto de normas de protección medioambiental, como el respeto de la calidad de las aguas, además persigue mejorar la calidad de las aguas de la cuenca, especialmente importante aguas abajo de la gran aglomeración madrileña, y a su paso por Toledo. Indica directrices y criterios de las actuaciones de depuración y vertidos; actuaciones en caso de emergencia y vertidos incontrolados, propone nuevas estaciones de control, integradas dentro de las redes COCA y SAICA, y plantea un Plan de control de calidad de las aguas. Como regla general se ha considerado que el volumen requerido evaluado en aportaciones mensuales no debe ser inferior al 50%

de la media de las aportaciones de los meses de verano. Para precisar la demanda medioambiental en cada época del año, especialmente aguas abajo de embalses, en las áreas de interés piscícola, los ríos salmonícolas y los ríos con índices biológicos aceptables; ha fijado perímetros de protección y, la conservación y recuperación del recurso y de su entorno, en zonas húmedas y en los lagos y lagunas más importantes por la población de aves o por su riqueza biológica, mostrando los listados de embalses, zonas húmedas y espacios singulares que serán objeto de protección. Respeta los espacios naturales protegidos declarados por las Comunidades Autónomas y se compromete a promover su restauración, incluyendo la necesidad de llevar a cabo la evaluación medioambiental de las infraestructuras básicas que se proyecten, concentra su atención, en materia de repoblación, en la protección de las cuencas vertientes y los márgenes de los embalses para prevenir la erosión de los suelos y el aterramiento de éstos, así como en las márgenes de los ríos, como protección fundamental ante las avenidas. Incluye un programa de protección de embalses y un programa de acondicionamiento y corrección de cauces.

Ha dedicado una importante atención al estudio de la utilización de los recursos disponibles y a analizar el grado de eficiencia de los aprovechamientos actuales. Asimismo, ha realizado unas previsiones de futuro y establecido unos objetivos a alcanzar para los diferentes usos de agua según destino, incluidos los volúmenes y condiciones ecológicas mínimas.

Ha partido del principio de que una forma de hacer un uso racional del agua se consigue haciendo un uso eficiente mediante unas dotaciones estrictas y en consonancia con ello propone, por un lado, una estrategia activa y voluntaria a fin de que se dominen los consumos de agua en los ríos y de que se lleve a cabo una mejor gestión hidráulica en todos los usos y demandas y, por otro, se compromete en llevar a cabo de forma prioritaria una revisión de concesiones para adecuarlas a las determinaciones del Plan. Se fijan las dotaciones máximas para estos usos y se establecen criterios de garantía de suministro que reduzcan la vulnerabilidad y aumenten la seguridad frente a la irregularidad hidrológica o a incidencias de todo tipo. Establece con precisión las dotaciones máximas de riego objetivo para las distintas zonas regables de la cuenca, una por una, por sistemas de acuerdo con su vocación agrícola y con los programas de modernización que también se prevén, todo ello sin menoscabo de los derechos establecidos y a libertad de explotación.

Atiende a las planificaciones sectoriales, buscando la compatibilidad entre las diferentes demandas de agua, mediante una serie de normas que garanticen su correcto uso, por ejemplo desarrollando normas básicas sobre aprovechamientos energéticos y sobre la recarga y protección de acuíferos. Mediante el Plan se quieren obtener beneficios como una mejor gestión del agua mejorando la eficiencia en su uso, el abastecimiento a todas las poblaciones de la cuenca con aguas de calidad y la preservación de los ecosistemas hídricos. Que se conseguirá con la acción conjunta de la sociedad. Esta nueva planificación intenta coordinar y compatibilizar las necesidades y demandas de la sociedad con una gestión racional de los recursos hídricos, que permita el desarrollo sostenible, y garantice el buen estado ecológico de los sistemas naturales.

El plan 2015-2021 sigue en línea con el anterior, con algunos cambios como por ejemplo que el inventario de recursos hídricos se actualiza y amplían las series hasta 2011, al igual que los datos de usos y demandas y zonas protegidas; se realiza un análisis del cumplimiento de los objetivos de las masas de agua que estén en riesgo de no cumplir los objetivos ambientales fijados en 2015; y se incorporan nuevas medidas en el plan a cumplir.

5.1. PROTECCIÓN DE LAS AGUAS

Tanto a nivel europeo como nacional existen diferentes normativas en materia de agua, algunas como la Directiva Marco del Agua (DMA) en el ámbito de la Unión Europea que fijó una norma común a todos los países miembros encaminada a conseguir el buen estado ecológico de las masas de agua en el 2015, mejorando la protección de estas y de los ecosistemas acuáticos, fomentando su uso sostenible.

De gran relevancia es también la Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas y la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

A nivel nacional la Ley del Agua de 1866 intentó regular por primera vez las aguas españolas pero no entró en vigor por el momento revolucionario que se vivía. Le siguió la de 1879 con principios como el dominio público de todas las corrientes naturales, los cauces y riberas de los ríos. Esta se modificó por la Ley de 1985 (modificada en 1999), por Real Decreto Legislativo (1/2001), de 20 de julio de 2001 fue aprobado el texto refundido de la Ley de Aguas; trata sobre la protección de un recurso escaso, y declara de dominio público la totalidad de las aguas continentales y prevé la puesta en marcha de un proceso de planificación hidrológica. Establece que la planificación hidrológica se realizará, a través de los Planes Hidrológicos de cuenca y el Plan Hidrológico Nacional.

Existen además diferentes normativas como la Ley 11/2005, de 22 de junio del Plan Hidrológico Nacional; el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, entre otros.

Hay muchas entidades que participan en la investigación de los recursos hídricos como las que pertenecen a la Administración General del Estado, como por ejemplo CSIC, CEDEX y CIEMAT; a las Administraciones autonómicas como el CENTA en Andalucía y diferentes departamentos de universidades.

Hay una iniciativa a nivel europeo la Water JPI de coordinación de la I+D+i europea en el sector del agua, cuyo líder es España. Su objetivo es alcanzar una óptima coordinación de las actividades de financiación y apoyar la investigación de los países socios.

En la actualidad está vigente el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016, que incluye el reto en acción sobre cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas, incluyendo los recursos hídricos además algunas comunidades autónomas tienen programas de

investigación propios. También está el Programa Marco para el periodo 2014-2020, a través del que actúa los grupos de investigación españoles, llamado Horizonte 2020.

El río Tajo como se comentó está sujeto al Convenio de Albufeira es un convenio internacional sobre la calidad de las aguas y cooperación para la protección y el aprovechamiento sostenible de las aguas de las cuencas hidrográficas hispano-portuguesa.

La Comunidad de Madrid dispone de un Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua que cumplirá con el compromiso contraído por la ciudad, de avanzar hacia la utilización sostenible del agua y representa una oportunidad para que la ciudad de Madrid siga siendo modelo e impulso para otros municipios, sirviendo como ejemplo de una correcta gestión del agua.

Una forma de proteger el medio ambiente es mediante la creación de zonas protegidas, de forma que se protegen ecosistemas y especies valiosos, y en concreto el agua. Por ley en cada demarcación hidrográfica debe existir un registro de las zonas que sean objeto de protección por sus aguas superficiales o subterráneas, o por la conservación de hábitat y especies directamente dependientes del agua. Según el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, la calidad del agua de consumo humano en España en 2013, según su calificación sanitaria es para el agua apta para el consumo del 99,3% y no apta de 0,7%, que son datos alentadores.

Sobre el abastecimiento urbano es necesario proteger las zonas de las que se extrae agua para este uso, ya que de esta forma se puede prevenir su deterioro y se evita tener que someterlos a tratamientos costosos para que tengan la elevada calidad que requiere para este uso. Según el Reglamento de Planificación Hidrológica deben formar parte del registro de zonas protegidas las zonas que proporcionen un volumen medio de al menos 10 m³ diarios, o abastezcan a más de 50 personas (Libro digital del agua). También hay que proteger la calidad de las aguas donde se crían especies acuáticas, para que se desarrollen y para proteger la salud de sus consumidores, como por ejemplo zonas de producción de moluscos declaradas en el ámbito de la Directiva 79/923/CEE.

Debe preservarse la calidad del agua destinada a uso recreativo, para así proteger el medioambiente y la salud pública. Por lo que estas masas de agua también se consideran zonas protegidas. Para su control en cada zona de baño existe un punto de muestreo para controlar periódicamente su calidad. Otra figura de protección es la declaración de zonas afectadas por la contaminación por nitratos y las zonas vulnerables, ya que el uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados es una fuente de contaminación difusa. Estas zonas son declaradas por las comunidades autónomas y en ellas deben desarrollarse planes para prevenir dicha contaminación.

Hay que declarar también la protección en aquellas zonas denominadas sensibles. Estas requieren un mayor control de la contaminación, lo mismo ocurre con las aguas minerales y termales, en las que se establecen perímetros de protección limitando los usos del suelo que en ellas puede desarrollarse. Como figura de protección de las zonas húmedas esta el Convenio Ramsar, un acuerdo internacional, y la Red Natura 2000 que es el principal instrumento de protección de hábitat y especies a nivel europeo. Es una red de espacios protegidos que integra los espacios designados como ZEPAS y aquellos espacios designados para el cumplimiento de

la Directiva de Hábitat, llamados LIC. Con respecto a esta red el registro de zonas protegidas debe incluir aquellas zonas de la Red donde el mantenimiento o mejora del estado del agua sea un factor importante para su protección.

También son importantes los medios económicos que se destinan a la mejora en la distribución y calidad de las aguas. La inversión de la Dirección Técnica en 2013 ha destinado de esta inversión un 32,3% a saneamiento y depuración, un 30,2% de los fondos a actividades de mejora y mantenimiento, un 13,8% a abastecimiento a poblaciones, un 7,8% para modernizar los regadíos, 4,8% para la seguridad de las presas y un 2,8% a la restauración hidrológico forestal.

6. CONCLUSIONES

A la vista de los problemas planteados y analizados anteriormente, hay que tomar medidas que los minimicen y solucionen, para poder conseguir una gestión responsable y sostenible de los recursos hídricos. Algunas de estas tendrán que ir encaminadas a disminuir la demanda de agua, a que se desligue la idea de que un mayor nivel de vida signifique una mayor demanda y consumo de agua, ya que están sometidos a una gran presión. En la toma de decisión de estas medidas, ayudara bastante un buen conocimiento de su cantidad y calidad de estos, de las actividades humanas que influyen en el ciclo del agua, de los efectos del cambio climático en su disponibilidad y de la sobreexplotación de las aguas subterráneas.

Es importante un cambio en el comportamiento, a nivel social al igual que disponer de una buena información pública, accesible a todos los ciudadanos, sobre los problemas que podrían ocasionarse por la falta de agua. En las grandes ciudades hace años que se realizan campañas de información y sensibilización del público e incluso políticas tarifarias. Medidas que también deberían actuar para disminuir las pérdidas de la red de distribución, que en algunas ciudades suponen más del 20%, modernizando dicha red. En el caso de la demanda en el consumo industrial mediante técnicas de producción y en la demanda agrícola con técnicas de riego más eficiente. Pero también hay que proteger el agua que se «oferta» evitando la contaminación, y aumentándola mediante los recursos no convencionales.

Quizás sería bueno pagar el «precio real» del agua, de forma que se garantizara su uso racional y no se despilfarrase tanto, ya que el agua tiene un bajo precio en España lo que afecta a que no exista una buena cultura del agua, que provoca que se desperdicie mucha por qué no se valora, además es considerado un bien público, este precio no cubre los gastos de extracción y tratamiento que se realizan para el consumo del agua, pudiendo considerarse su coste medioambiental, este incluye los costes de prevenir su impacto medioambiental.

Se prevé que la captación total en la UE experimente un ligero incremento, mientras que las previsiones relativas a otras regiones del mundo apuntan a un crecimiento de la demanda, debido al desarrollo económico y al aumento de los regadíos. Hay que afrontar los problemas del déficit hídrico sobre todo en aquellas zonas más perjudicadas, y donde la presión urbana y turística sea mayor, además de garantizar un agua de calidad. Por tanto un uso prudente y eficiente de este recurso

es fundamental para asegurar la disponibilidad de un bien escaso en la cantidad y calidad necesarias. Anteponiendo en muchas ocasiones el bien colectivo al beneficio individual.

En resumen para mejorar la gestión del agua pueden adoptarse una serie de medidas que se pueden dividir en tres apartados:

Medidas de carácter general, como la reducción de consumo en el sector agrícola mediante cambios en los sistemas de riego empleando sistemas más eficientes como el riego por impulsos o por goteo y reparando las pérdidas por distribución. De esta forma se pueden conseguir reducciones en el consumo de hasta el 50%; también realizando el control de suministros o aumentando las tarifas agrícolas; disminuir el consumo en la industria, reciclando el agua que se emplea en refrigeración; reducir el consumo urbano mediante el empleo de instalaciones de bajo consumo, adoptando precios del agua más equilibrados, reutilizando las aguas residuales domésticas, en la agricultura o en el riego de parques y jardines; realizar campañas de sensibilización, concienciación ciudadana y de educación ambiental.

Soluciones de carácter técnico. Dado su elevado coste económico y/o medioambiental, sólo deben emprenderse cuando las medidas de carácter general sean insuficientes para afrontar épocas de escasez. Como por ejemplo la construcción de embalses para laminar el caudal, controlar las crecidas, abastecer de agua a las poblaciones, la industria y la agricultura, generar electricidad e, incluso, para ser empleados en el ocio; desalar el agua de mar obteniendo agua potable y la ejecución de trasvases que exporten agua de una cuenca hidrográfica con excedentes a otra deficitaria.

Soluciones de carácter político, como conferencias internacionales, la promulgación de leyes que regulen el consumo y gestión.

Hay que plantearse nuevas soluciones que contemplen un uso racional y sostenible del recurso, que deben dirigirse a aumentar la eficiencia en el uso del agua mediante por ejemplo el reparto solidario y equitativo del agua disponible, del empleo de nuevas tecnologías que garanticen el reciclado y la reutilización del agua y sobre todo que fomenten su ahorro. La consideración primordial de que «el agua no es un bien comercial como los demás sino un patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal», no hay que olvidarla.

El crecimiento de la población, de las áreas de cultivo y la urbanización de nuestro territorio han de ser compatibles con la conservación de la cantidad y calidad de los recursos hídricos y del buen estado de los ecosistemas asociados, sin permitir que los dañen. En los últimos años su utilización y calidad ha mejorado debido a la puesta en marcha de numerosos programas, con el objetivo común de mantener las cuencas en las mejores condiciones posibles, de forma que se aseguren los diferentes usos del agua, consiguiendo un uso sostenible y racional del recurso.

La Confederación Hidrográfica del Tajo del MARM ha puesto en marcha la cuarta edición del «Programa de educación y sensibilización ambiental», con el que pretende concienciar a nuestros menores en la protección y cuidado del medio ambiente, mediante charlas didácticas y rutas guiadas en espacios naturales pertenecientes a la cuenca del Tajo, con la intención de que lleguen un día a ser personas responsables y respetuosas con él.

Con unos recursos hídricos cada vez más mermados y un consumo que crece año tras año, todo apunta a una situación de mayor insostenibilidad hídrica y, por tanto, de creciente insostenibilidad ambiental.

Como se ha visto el agua tiene un valor económico, social y ambiental, su uso exige una responsabilidad y el acceso a ella es un derecho universal, consideraciones que tendríamos que tener todos presentes.

BIBLIOGRAFÍA

- AEMA: «¿Es sostenible el uso del agua en Europa? Situación, perspectivas y problemas», Informe de evaluación ambiental, 7. Copenhague, Agencia Europea de Medio Ambiente, 2000.
- Aguas continentales. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. CSIC. Barceló, D. Madrid. 2008.
- Aguas potables para consumo humano. Gestión y control de la calidad. Editorial UNED, 2005. García Mayor, M.A; Pradana Pérez, J.A; Durand Alegría, J.S; Gallego Picó, A.
- Agua y territorio. La cooperación hídrica en España. Real sociedad geográfica.
- Análisis de las disponibilidades hídricas en las cuencas hidrográficas de la Comunidad de Madrid: situación actual y previsiones futuras. Cañada Torrecilla, R., Galán Gallego, E. y Fernández García. F.
- Anuario de estadística. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013.
- Banco público de indicadores ambientales, 2013.
- Boletín mensual de estadística. Marzo 2015.
- Carta Europea del agua.
- Catálogo de gobernanza del agua, 2015. Ministerio de agricultura, alimentación, y medioambiente.
- Conceptos y métodos sobre el régimen de caudales ecológicos. Ministerio de agricultura, alimentación, y medioambiente. 2011.
- Directiva Marco del Agua.
- El sistema de cabecera del Tajo y el trasvase Tajo-Segura. Cabezas, F. 2013.
- Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua, Año 2011. INE.
- Estudio del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos. Aplicación en 19 pequeñas cuencas en España. Fernández Carrasco, P. Tesis doctoral. 2002.
- Evaluación ambiental estratégica plan hidrológico de la Cuenca del Tajo. Resumen no técnico. Marzo 2013.
- evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos de España». Álvarez Rodríguez, J; Barranco Sanz, L.M. 2012.
- Fuertes efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua. Martín Barajas, S., Área de Agua de Ecologistas en Acción. Revista El Ecologista nº 65
- Gestión de los recursos hídricos en el sistema de abastecimiento de la comunidad de Madrid. López-Camacho y Camacho, B. y Iglesias Martín, J.A. Canal de Isabel II. 2007
- La planificación hidrológica de cuenca como instrumento de ordenación ambiental sobre el territorio. Pallares Serrano, A. 2005.
- Memoria de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid 1999-2000. Consejería de Medio Ambiente. Capítulo III Agua. 2003
- Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid. Ayuntamiento de Madrid, 2006.
- Papel de los acuíferos en la gestión integral de los recursos hídricos. Murillo Díaz J.M y López Geta. J.A.
- Plan municipal de gestión de la demanda de agua en la ciudad de Madrid. Agenda 21.

- Propuesta de la Dirección General del agua para el Plan Anual de Acción exterior para la promoción de la Marca España (MAEC). 2015
- Recursos hídricos y desarrollo sostenible: requisitos para la planificación y gestión compartida entre España y Portugal. López López, A.
- Riesgos relativos a la gestión de los recursos hídricos. Molist, J. y Manzano, A. Agencia Catalana del Agua.
- Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)
- Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS)
- Sistema de indicadores del Agua
- Sistema Integrado de Información del Agua (SIA)

WEBGRAFIA

- www.aeas.es/servlet/mgc
- www.aemet.es
- www.agua-dulce.org
- <http://aguamarket.com/diccionario/>
- www.boe.es
- www.cedex.es
- www.chsegura.es/export
- www.ecologistasenaccion.es
- <http://elaguapotable.com/>
- www.embalses.net/
- www.fao.org
- www.greenfacts.org
- <http://hispagua.cedex.es/>
- www.iagua.es/noticias/meteorologia/13/12/05/el-balance-hidrico-del-ano-hidrologico-acumula-un-deficit-del-26-de-precipitaciones-41542
- www.iberica2000.org/es/Articulo.asp?Id=3022
- www.igme.es
- www.ine.es
- www.juntadeandalucia.es
- www.magrama.es
- www.plataformaagua.org
- saihtajo.chtajo.es
- http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=01&factor=det&idioma=es
- <http://sig.marm.es/saih/>
- www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1488-grandes-obras-ingenieria-impacto-ambiental.aspx
- http://traqua.com/wp-content/uploads/2012/04/Carta_Europea_del_Agua.pdf

AÑOS 2015-2016
ISSN: 1130-2968
E-ISSN 2340-146X

8-9

ESPACIO, TIEMPO Y FORMA

UNED

SERIE VI GEOGRAFÍA
REVISTA DE LA FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

11 PRESENTACIÓN · FOREWORD

Artículos · Articles

15 CARLOS ALBERTO ABALERÓN
Diferencias innatas y desigualdades socio-espaciales de Calidad de Vida en San Carlos de Bariloche, Argentina / Innate differences and socio-spatial inequalities Quality of Life in San Carlos de Bariloche, Argentina

53 NATACHA CALVET TAPIA
Las prácticas lúdicas en la calle y la imagen del centro de la ciudad en Santiago de Chile / Recreational practices on the street and the image of the city center of Santiago de Chile

77 ENRIQUE DE ROSA GIOLITO
Las Complejas relaciones entre paisaje, puerto, ciudad y sus efectos en el patrimonio cultural en la bahía de Pasaia / The complex relationships between landscape, harbor, town and its effects on cultural heritage in the bay of Pasaia

103 ANA MARÍA LÓPEZ ORTEGO
¿Quién está contra quién en los cerros orientales de Bogotá?. La perspectiva local desde el barrio la Cecilia / Who is against who in the eastern hills of Bogotá? - the local perspective from the neighborhood of la Cecilia

131 JULIO LÓPEZ-DAVALILLO LARREA
Las eurociudades rayanas / The ecocities bordering

169 BEATRIZ MARTÍNEZ DE TERESA
Estudio de los recursos hídricos en España: Análisis y caracterización en la Cuenca del Tajo / Study of water resources in Spain: Analysis and characterization in the Tajo Basin

231 FRANCISCO JOSÉ MORALES YAGO
La incorporación de los portafolios electrónicos en el proceso enseñanza-aprendizaje y evaluación de la geografía en el alumnado de educación a distancia / The incorporation of electronic portfolios learning in geography and evaluation process in distance education students

241 MARCOS ORTEGA MONTEQUÍN
El potencial agrológico en la ordenación del suelo rural; estudio comparado de tres casos en Asturias / Agrological potential in rural land planning; comparative study of three cases in Asturias

269 JOSÉ RAMÓN SÁNCHEZ HOLGADO
Las torres y atalayas de la costa tropical. ¿un recurso turístico pendiente de explotación? / The towers and watchtowers of the Costa Tropical. An Outstanding tourist resource exploitation

287 JOSÉ RAMÓN SÁNCHEZ HOLGADO
Inundaciones en la rambla Albuñol. Causas y posibles medidas de intervención / Floods in Albuñol dry riverbed. Causes and possible intervention

Reseñas · Book Review

319 Yi-fu Tuan. (2015). *Geografía romántica. En busca del paisaje sublime*. Editado por Biblioteca nueva. Colección: Paisaje y teoría. Edición de Joan Nogué. 177 pp. ISBN: 978-84-16345-15-0 (AURELIO NIETO CODINA)

323 Bosque Maurel, Joaquín (2011): *Granada. Historia y cultura*. Granada, Diputación Provincial de Granada-Libros de la Estrella, 210 pp. ISBN: 978-84-7807-510-2 (ALEJANDRO GARCÍA FERRERO)

Imágenes y palabras · Pictures and words

329 FRANCISCO JOSÉ MORALES YAGO
Las salinas de Imón (Guadalajara): un paisaje cultural de gran valor histórico / The saltworks of Imón (Guadalajara): a cultural landscape of great historical value

Historia de la Geografía Española · History of Geography in Spain

335 AURELIO NIETO CODINA, DOLORES BRANDIS GARCÍA, CARLOS PARDO ABAD
Tres tesis doctorales dirigidas por don Manuel de Terán; el paisaje residencial en Madrid (Dolores Brandis), la enseñanza en Madrid (Ana Olivera) y el barrio de Salamanca (Rafael Más) / Three thesis directed by don Manuel Terán; residential landscape in Madrid (Dolores Brandis) teaching in Madrid (Ana Olivera) and the Salamanca district (Rafael Más)

