El abastecimiento de Madrid. Retos de Futuro.

- *Pilar Diego Madrazo Zarzosa*
- *Máster en gestión fluvial sostenible y gestión integrada de aguas*
- *Directora: Beatriz Larraz Iribas*
- *Codirector: Jorge Olcina Cantos*
- *Universidad de Zaragoza*

"El presente trabajo es un ejercicio práctico de Curso presentado para optar al certificado de aptitud por los autores, realizado en parte como supuesto real y en parte con contenidos académicos. Su contenido, calidad y adecuación a la realidad son de la exclusiva responsabilidad de sus autores, así como los cálculos, aseveraciones, conclusiones y recomendaciones. Éstas no tienen porqué coincidir con las de los tutores-directores del trabajo, ni del Curso, ni de sus organismos patrocinadores. La existencia de este trabajo no supone su aprobación ni la aceptación de su contenido."

“A los Ríos y Gargantas que fertilizan a su paso la tierra “

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 6

Capítulo I. EL ABASTECIMIENTO URBANO EN LAS GRANDES METRÓPOLIS. NUEVOS ENFOQUES DE ANÁLISIS 8

1.1 ANTECEDENTES 8

1.2. SITUACIÓN GLOBAL: PROBLEMAS, MODELOS DE GESTIÓN Y RETOS EN EL ABASTECIMIENTO ..... **¡Error! Marcador no definido.**

1.3 ABASTECIMIENTO URBANO EN ESPAÑA: ANÁLISIS DE ASPECTOS GENERALES ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Capítulo 2. RASGOS GENERALES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO 30

2.1 MARCO TERRITORIAL Y MEDIO FÍSICO 30

2.2 ÁMBITO ADMINISTRATIVO DE LA CUENCA DEL TAJO 38

2.3 RECURSOS HÍDRICOS 39

2.4 DEMANDAS, USOS Y CAUDALES AMBIENTALES. 50

2.5 ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA 54

2.6 PRINCIPALES PRESIONES E IMPACTOS EN LA CUENCA DEL TAJO. 56

Capítulo 3 EL ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID 59

3.1 CONTEXTO TERRITORIAL 59

3.2 EL CANAL DE ISABEL II, UNA PIEZA CLAVE EN EL ABASTECIMIENTO DE MADRID 73

3.2.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA 73

3.2.5. PLANES DE GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA 85

3.3 RECURSOS DE AGUA DISPONIBLES PARA EL ABASTECIMIENTO DE MADRID. 86

3.4. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID. 95

3.5 SANEAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE MADRID 107

3.6 COSTE UNITARIO DEL AGUA 116

Capítulo 4. INCIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS 118

4.1 PLAN ESPECIAL DE ALERTA Y EVENTUAL SEQUÍA EN LA 123

CUENCA DEL TAJO 123

4.2. PLANES DE GESTIÓN DE LA SEQUÍA DEL CANAL DE ISABEL II 126

4.3 PLAN MUNICIPAL DE GESTIÓN DE LA DEMANDA DE MADRID 128

4.4 DIRECTRICES DE LA AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 129

Capítulo 5 IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL ABASTECIMIENTO DE MADRID Y DIRECTRICES PARA ABORDARLOS 131

5.1 PRESIONES, IMPACTOS Y CONSECUENCIAS 131

5.2 ¿SON NECESARIOS MÁS RECURSOS HÍDRICOS? 137

5.3. PROPUESTAS DE UN NUEVO MODELO 139

CONCLUSIONES 147

BIBLIOGRAFÍA 153

ÍNDICE DE FIGURAS 175

ÍNDICE DE TABLAS 180

ANEXOS 182

INTRODUCCIÓN

Madrid y su entorno metropolitano se han configurado en los últimos años como la tercera gran urbe dentro del contexto europeo, con 6.448.272 habitantes y una densidad de población de 809 habitantes/km^2. Su ubicación en el centro peninsular, con un acusado carácter mediterráneo, determinado por largos periodos de estiaje y una marcada variabilidad en el régimen de precipitaciones, es un factor limitante para garantizar la disponibilidad de recursos hídricos. El abastecimiento urbano es la principal demanda en cuanto a los usos del agua en la Comunidad de Madrid, y éste exige de unos niveles altos de cumplimiento de garantía en cuanto a calidad y cantidad. Es sabido que, el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones, propiciadas por el calentamiento global del planeta, causarán una reducción de las aportaciones hídricas y un incremento de la demanda de agua.

La Comunidad de Madrid se sitúa dentro de la cuenca alta del río Tajo, que es la zona en la se generan menos recursos hídricos y en la que las demandas consuntivas son mayores, debido básicamente a la presión que ejerce la gran ciudad y su conurbación, y el trasvase Tajo-Segura; es por tanto desde el inicio, una cuenca tensionada y descompuesta. El agua de los ríos de Madrid es un recurso comprometido que se aprovecha de forma intensiva para el abastecimiento urbano y que se deteriora gravemente durante su uso. El espectacular crecimiento demográfico de la Comunidad, unido a una disminución en las aportaciones naturales de los ríos, han derivado en la necesidad de usar recursos complementarios de otras cuencas. En los ciclos de sequía, Madrid ha utilizado aguas subterráneas, cuya capacidad de renovación es lenta, por lo que solo se puede usar como reserva estratégica y de manera muy puntual. Existen asimismo, otros elementos de insostenibilidad en el medio y largo plazo, tanto en la garantía de disponibilidad de recursos, como en el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, por graves problemas de contaminación y falta de caudal.

En este marco, el objetivo de este trabajo es analizar la disponibilidad de los recursos hídricos de la Comunidad de Madrid atendiendo a los retos de futuro a los que se enfrenta, y sugerir algunas propuestas tras su diagnóstico. El abordar un trabajo como éste, nos ha parecido un tema de mucha relevancia por la importancia y el peso que tiene la gestión

hídrica de la Comunidad de Madrid en la planificación hidrológica de toda la cuenca del Tajo. De este modo, el presente trabajo se estructura del siguiente modo:

Dos capítulos introductorios en los que exponen, por un lado, las características y problemas a los que se enfrentan en la actualidad las grandes metrópolis del mundo; y por otro, una caracterización de la Demarcación Hidrográfica del Tajo como marco conceptual para entender el espacio en el que se ubica la Comunidad Autónoma de Madrid y las relaciones de interdependencia que se establecen en todo el conjunto de la Cuenca.

A continuación, y en un tercer capítulo, se afronta el abastecimiento y el saneamiento de la Comunidad de Madrid, relacionando contexto territorial, evolución demográfica, disponibilidad de recursos hídricos, usos y demandas, gestión del ciclo integral del agua y principales afecciones derivadas de todo ello.

En el capítulo cuarto se exponen las expectativas de futuro ante el cambio climático, vinculadas con los efectos que pueden tener sobre la garantía de los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid. Además, se presentan algunos Planes de actuación redactados desde diferentes instituciones públicas, para abordar los cada vez más recurrentes periodos de sequía.

Por último, y ya en el quinto capítulo, se expone un resumen de los principales problemas detectados en el análisis y se ofrecen algunas directrices para afrontarlos.

La complejidad del tema elegido y la extensión y el objetivo de este trabajo no nos han permitido realizar con toda la profundidad que se requiere, un estudio completo y detallado. Aún así, con estas páginas se ha iniciado una línea de investigación sobre un tema estratégico, que puede servir de base para otros proyectos en el futuro.

Capítulo I. EL ABASTECIMIENTO URBANO EN LAS GRANDES METRÓPOLIS. NUEVOS ENFOQUES DE ANÁLISIS

1.1 ANTECEDENTES

El origen de las ciudades está asociado a una compleja red de procesos históricos, sociales, económicos, culturales y estructurales que, a través de procesos dinámicos e interconectados, han transformado el territorio para adecuarlo a las necesidades de las sociedades que lo habitan.

Conceptos como ciudad y dinamismo están estrechamente ligados, en tanto en cuanto el medio urbano es transformación continúa del espacio, de la disposición arquitectónica, de la funcionalidad y capacidad adaptativa a lo largo del tiempo.

Históricamente, el hombre ha ocupado los lugares más aptos para el desarrollo de las sociedades y con la mejor posición geoestratégica. El agua ha sido, y es, vertebrador de territorios. Podemos establecer la llanura aluvial entre los ríos Tigris y Eúfrates, como el lugar en el que hace 7.000 años se establecieron los primeros humanos para conformar una estructura social organizada más allá de la simple sociedad agraria, para asentar nuevas formas de control y regulación territorialmente definidas.

Desde ahí, las formas de organización social y la relación del hombre con el medio pasó por distintas fases en las que las circunstancias históricas, políticas, socioeconómicas, científico tecnológicas y culturales fueron determinantes en la evolución de los asentamientos urbanos.

De este modo, la base de la metrópolis moderna la encontramos en la revolución industrial del siglo XIX, que marcó un antes y un después en la estructura urbana. El crecimiento demográfico, los procesos tecnológicos, los avances científicos, la nueva organización del trabajo, la producción masificada, la apertura de nuevos mercados propiciada por un comercio a gran escala y por el desarrollo de las infraestructuras de transporte y telecomunicaciones, permitieron una expansión desmedida de la población que se concentró en núcleos que crecieron exponencial y caóticamente.

Este fenómeno, que comenzó en Inglaterra y se extendió al resto de Europa y a los Estados Unidos, ocasionó graves problemas y desafíos que dieron lugar a la búsqueda de soluciones. El hacinamiento, la falta de servicios, la insalubridad, la ausencia de

planificación territorial, la inexistencia de redes de abastecimiento de agua potable y saneamiento, o de infraestructuras de transporte adecuadas junto a la elevada contaminación, fueron el motor que permitió cambios sustanciales que se reflejaron desde finales del siglo XIX en la mejora de servicios públicos como la distribución de agua, el alcantarillado, el alumbrado, la red de comunicaciones y transporte, la aparición de legislación urbanística y de normativa sanitaria, la planificación territorial o la organización social colectiva.

Con estos antecedentes llegamos al modelo territorial característico en nuestros días, con determinados rasgos comunes, como son el fuerte crecimiento de las áreas metropolitanas, con constantes fenómenos de concentración demográfica, capital, desarrollo del sector servicios, industrial, financiero y urbanístico que conlleva al despoblamiento del resto del territorio y a la depredación del entorno. Todo ello en un contexto de globalización que acrecienta las diferencias Norte-Sur, creando un concepto de nueva jerarquía de "ciudades globales."

Las grandes metrópolis son, en primer lugar, grandes centros financieros, comerciales, industriales y de otras actividades terciarias, con marcadas diferencias entre unos sectores y otros, entre barrios pobres y zonas ricas. Se podría decir que son *ciudades fragmentadas y polarizadas*. Esta última afirmación es más patente en países emergentes. Así mismo, son centros de decisión política.

Figura 1. La City de Londres (Reino Unido)

Fuente: The Financial Times (2014)

1.2. SITUACIÓN GLOBAL: PROBLEMAS, MODELOS DE GESTIÓN Y RETOS EN EL ABASTECIMIENTO

El desarrollo de las ciudades no solo implica cambios en los hábitos y en el modo de vida de las sociedades, sino unos patrones de consumo y una transformación brutal del medio físico. Las presiones y transformaciones en los ecosistemas y en los recursos naturales están directamente relacionadas con el crecimiento de las ciudades. Es por ello que la búsqueda de estrategias encaminadas a conseguir una mayor sostenibilidad, a asegurar la garantía del abastecimiento y otros servicios básicos y a aumentar la calidad de vida, están en las agendas de la mayor parte de los gobiernos mundiales.

Los asentamientos urbanos ocupan el 2% de la superficie terrestre, consumen las 3/4 partes de los recursos del planeta y generan esa misma cantidad de residuos (Giardet, 1996; Baccini, 1997; Barles, 2010). Según la Organización Mundial de la Salud, entre el año 1990 y el 2000, el crecimiento de población en espacios urbanos pasó del 14% al 48%. En 2007, más de la mitad de la población mundial ya residía en ciudades (Nello y Muñoz, 2007); en 2030 se prevé que más de 5.000 millones de personas, el 60% de la población mundial vivirá en zonas urbanas y en 2050 se alcanzarán los 9.000 millones de habitantes en el planeta[1]. Es por tanto fácil de comprender que el sector del abastecimiento de agua y el saneamiento se enfrentará a enormes retos durante los próximos decenios, condicionado, además, por el calentamiento global del planeta. Se prevé un aumento espectacular de las sociedades urbanas de África, Asia, América Latina y el Caribe (ONU, 2007).

Así, los asentamientos urbanos de África se duplicarán durante los próximos 25 años, mientras que los de Asia llegarán casi al doble. En cuanto a Sudamérica, se prevé que la población aumentará en el continente en un 50% (OMS, 2000).

A principios del año 2000, la sexta parte de la población mundial (1.100 millones de personas), la mayor parte procedente de estos continentes, carecía de acceso al abastecimiento de agua y dos quintas partes (2.400 millones de personas) no tenían acceso a sistemas de saneamiento (OMS, 2000).

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio, acordados en el marco de las Naciones Unidas y ratificados por 189 países en el año 2000, proponían llevar a cabo varias líneas

[1] Según el Informe sobre previsiones demográficas de la ONU de 2007, en 2050 la población mundial alcanzará los 9.000 millones de personas, un 49% más que en el año 2000. Será por el auge de los países emergentes, que aumentarán la población en 2.300 millones de personas, mientras que los países desarrollados, lo harán con tan solo 50 millones.

de actuación, entre ellas, la de garantizar el acceso al agua potable y al saneamiento a toda la población mundial, en base a un calendario fijado y una estrategia establecida.

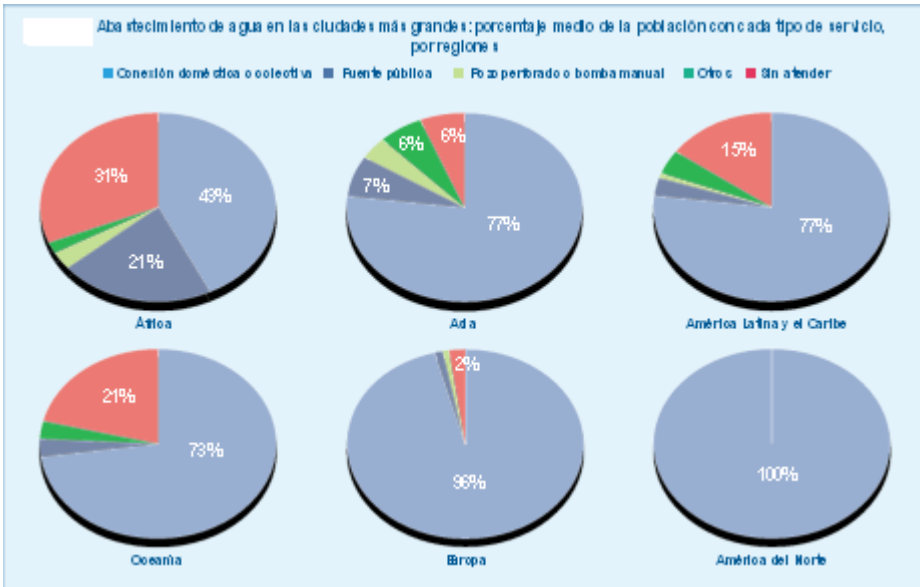
Figura 2. Cobertura real y objetivo de cobertura del abastecimiento en el mundo

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2010)

Así, tal y como se observa en la Figura 2, el objetivo para 2015 era aumentar en 1.600 millones de personas el acceso al agua potable, para conseguir en 2025 que el número fuese de 2.800 millones de habitantes, es decir, cobertura a prácticamente toda la población mundial. De este modo, en el último Informe de la OMS de 2012, se publicó que a finales de 2010 ya se había conseguido que un 89% de la población mundial, es decir, 6.100 millones de personas hubieran mejorado sus condiciones de accesibilidad al abastecimiento[2]. Aún así, y según este mismo informe, más de 3.000 niños mueren a diario de enfermedades diarreicas y el 11% de la población mundial (783 millones de personas) no tiene acceso aún al agua potable. En cuanto al saneamiento, no se han conseguido los objetivos planificados y más de 2.500 millones de personas, que representa un 35%, no tienen acceso a estos servicios. La mayoría se encuentra en el África subsahariana, donde más de un 40% carece de saneamiento, y un 31% no tiene acceso al agua de calidad, tal y como se puede observar en la Figura 3.

[2] La relatora de la ONU denuncia que no es cierto que se hayan cumplido los objetivos establecidos. Es imposible cuantificarlo y falta interés gubernamental (ver noticia en bibliografía de Fernández, M.A en el periódico el País quita esto del paréntesis y pon directamente la cita bien puesta)

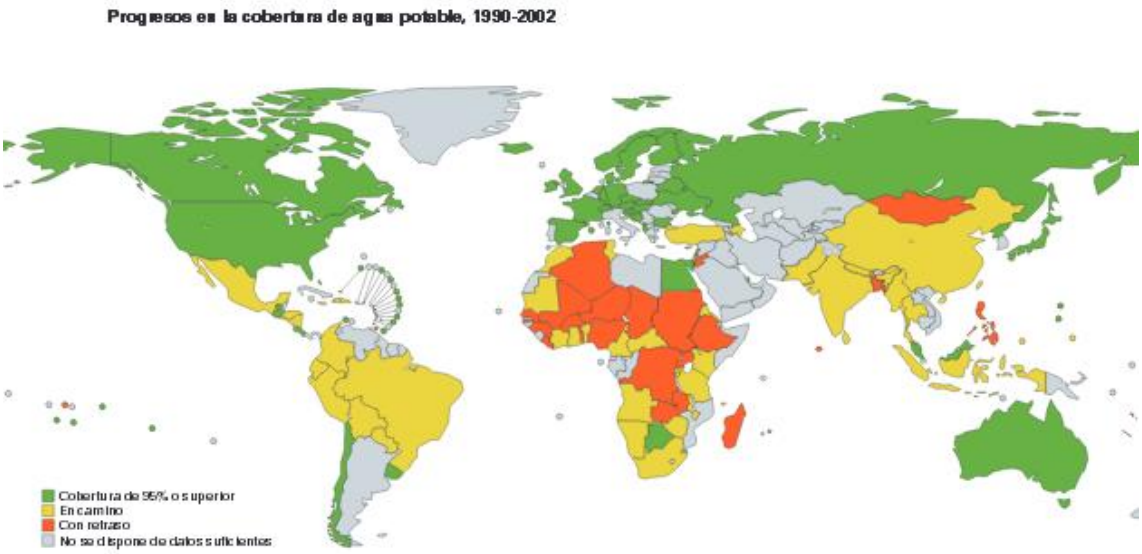
Figura 3. Abastecimiento de agua en las grandes ciudades del mundo



Fuente: Organización Mundial de la Salud (2010)

Más aún, la inexistencia de estos servicios básicos es sinónimo de pobreza y conlleva problemas sanitarios, nutricionales y sociales relacionados con la mala calidad y la falta del recurso, dándose situaciones de inequidad e ineficiencia. En los países ricos, sin embargo, los servicios de abastecimiento son universales y se prestan desde las Administraciones públicas, aunque la gestión privada avanza a pasos agigantados en los últimos tiempos. La principal preocupación se centra en estos países en el control de la calidad del agua y en el tratamiento de los efluentes con el objetivo de que los niveles de contaminación permanezcan en niveles aceptables. En los países de renta media, los mayores problemas residen en que la cobertura de servicios no llega a toda la población y en que cuando la hay, el mantenimiento a veces deficiente de los sistemas e infraestructuras conduce a ineficiencias en el servicio del agua, con grandes pérdidas en las redes e insuficiente depuración.

Figura 4. Situación mundial de la cobertura de agua potable



Fuente: UNICEF / Organización Mundial de la Salud (2012)

Satisfacer la demanda de los usuarios domésticos e industriales de las grandes ciudades supone asimismo una gran presión para los ecosistemas acuáticos. Las mayores metrópolis se encuentran en zonas que sufren estrés hídrico, que es un indicador que mide la relación entre el volumen de extracciones y el volumen de recursos renovables. Garantizar agua en cantidad y calidad suficiente es fundamental en un escenario de cambio climático y en el que gran parte de los problemas son globales, algunos de los cuales enumeramos a continuación:

- Deterioro de los ríos, acuíferos y ecosistemas acuáticos por contaminación urbana, industrial y minea.

- Grandes presas y trasvases: ofrecen falsa seguridad de garantía, alteran régimen natural de caudales, producen desequilibrios territoriales y el deterioro de los ríos.

- Gestión inapropiada de los recursos hídricos: aumento infinito de la oferta en lugar de controlar la demanda.

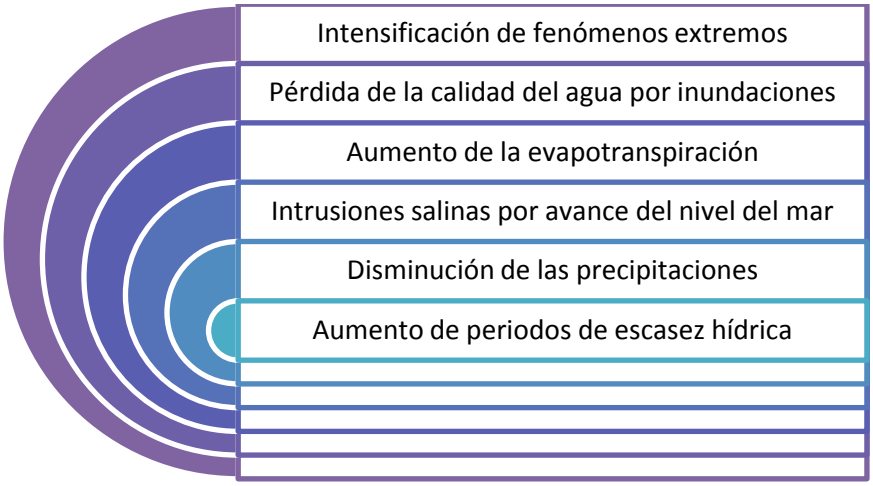
- Fenómenos de privatización del agua y/o de su gestión: procesos de mercantilización, acaparamiento de tierras y de sus recursos hídricos.

- Agotamiento de las fuentes (acuíferos, aguas superficiales).

- Conflictos políticos por el control geoestratégico de los recursos hídricos.

- Descoordinación e ineficacia en la planificación territorial e hidrológica. Falta de gestión integrada del recurso agua.

Además, es fundamental tener en cuenta los impactos en los recursos hídricos por el efecto del cambio climático, que se enumeran a continuación.



Asimismo, los cambios de usos del suelo, por urbanización, tienen efectos negativos tanto por la ocupación de las mejores tierras aptas para el cultivo, como por ser grandes consumidores de recursos, o por modificar el ciclo hidrológico. El suelo tiene un valor en sí mismo que es irreemplazable. "En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Milenium Ecosystem Assessment, 2005) se prevé un descenso general en la calidad del agua y en la cantidad necesaria por su uso insostenible. Uno de los factores que más contribuyen a ello son los cambios de ocupación del suelo" (Martínez, 2005). Además, "los nuevos procesos de urbanización han producido la magnificación de las desigualdades económicas (raciales, de género, étnicas), con consecuencias destructivas tanto en los entornos urbanos como naturales" (Contreras, 2008 p.158)

La suma de todos estos factores se traduce en que la mayor parte de los grandes ríos, a lo largo de cuyas cuencas habitan millones de personas, están en estado crítico, como el Yangtzé, el Indo, el Nilo, el Ganges, el Congo, el Mekong, el río de la Plata o el río Bravo. De la cantidad y calidad de sus aguas depende la supervivencia de una parte importante de la población. La base del problema es común y se expone en el cuadro sinóptico anterior. Destacar además que, la mayor parte de los conflictos se detectan en países en vías de desarrollo o emergentes y con rentas bajas, debido, entre otros motivos, a la ausencia absoluta de mecanismos de control.

En Europa, y tras el análisis de la situación de los recursos hídricos del continente, se decidió cambiar el enfoque de las políticas hidrológicas tradicionales, hacia un modelo que priorizara la conservación ecosistémica, la participación pública y la recuperación de costes. El resultado fue la aprobación de la Directiva Marco del Agua (CE, 2000), cuyo considerando primero dice que, "el agua no es un bien comercial como los demás, sino un Patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal". Por otro lado, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró en 2010 el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos. El reconocimiento de este derecho obliga a los poderes públicos a dar el acceso básico de manera eficaz y a proveer de los servicios asociados siguiendo criterios de cobertura universal, transparencia, eficiencia, calidad en el servicio, rendición de cuentas y sostenibilidad.

Sin embargo, y a pesar de todo, la economía de mercado ha aprendido a vender el agua como cualquier otro activo y en Europa, y en concreto en España, los procesos de privatización de la gestión del agua se extienden con rapidez. Por ello, la ciudadanía puso en marcha la Iniciativa Europea por el derecho humano al agua y al saneamiento, a través de la campaña Right2water entregando en 2013 casi dos millones de firmas. Otras respuestas de los ciudadanos en España son "el Pacto Social por el Agua", "la Iniciativa Legislativa Municipal" o la "Consulta social por el derecho a decidir. Y en estos momentos se ha iniciado otra campaña en contra del *Tratado Transatlántico de Libre Comercio* (TTIP) que están negociando sin transparencia el gobierno de Estados Unidos con los países miembros de la Unión Europea y que rebajaría exigencias en las leyes de los Estados, otorgándoles más poder a las multinacionales e introduciendo bienes de titularidad universal y colectiva, como el agua, en la cartera de activos comercializables.

A nivel mundial, la privatización de los servicios del agua se inició en los años 80 del pasado siglo, y más concretamente en América Latina. Allí, organismos como el Banco Mundial o el Fondo Monetario Internacional promovieron políticas de privatización de servicios básicos como el agua, como condición a la concesión de ayudas y créditos. Ello desembocó en revueltas importantes (Cochabamba, año 2000) y en la introducción en algunas Constituciones de algunos países del derecho humano al agua (Ecuador, Bolivia, Uruguay).

En un contexto en el que la pobreza aumenta por la situación de crisis mundial, la privatización de servicios básicos hace más vulnerables a los que ya lo son. Según Global

Water Inteligence (La Marea, 2014), en el año 2012, las empresas relacionadas con la gestión del agua en el mundo facturaron 393.400 millones de euros, algo menos que las farmacéuticas. El negocio existe y es internacional. En el año 2000 el 5% de la población mundial recibía el servicio de agua a través de empresas privadas. En el año 2011 esa proporción se había elevado al 14% con 962 millones de personas.

En España la cifra podría llegar hasta el 53% al finalizar el año 2014 (Babiano, 2014)[3]. Los dos gigantes empresariales en la privatización del agua, que operan en decenas de países (entre ellos España) a través de filiales, son franceses. Se trata de Suez Environnement (que sirve a más de 117 millones de personas) y Veolia Environnement (con más de 131 millones de clientes). Le sigue Aqualia, del grupo Fomento Construcciones y Contratas (FCC), que consiguió una cartera de negocio en 2012 de 13.400 millones de euros, está presente en 16 países y presta servicios a 28 millones de personas; en España, gestiona en 800 municipios y abastece a 13 millones de personas. Acciona, de la constructora Entrecanales, da servicio a 7,5 millones de habitantes y en 2012 su cifra de ventas alcanzó los 506 millones de euros. Agbar (Aguas de Barcelona), es un holding que pertenece en un 75% a la francesa Suez Environnement y en un 24% a La Caixa, y ofrece servicio a 12,6 millones de personas (La Marea, 2014).

Sin embargo, la gestión del ciclo integral del agua conlleva una complejidad de valores y funciones que el mercado no sabe administrar y no se ha demostrado que las empresas privadas gestionen con mayor eficiencia, eficacia y mejor capacidad técnica. Prueba de ello es que grandes metrópolis como Paris, Berlín, Atlanta, Grenoble, Toronto o Buenos Aires han remunicipalizado el servicio del agua.

Por último, los efectos del cambio climático, con la intensificación de fenómenos extremos (sequías e inundaciones) son un aspecto determinante en la disponibilidad de recursos hídricos. Además, la mayor densidad de población se da en lugares costeros, por lo que los factores asociados al riesgo (exposición, peligrosidad y vulnerabilidad) en un escenario como el actual de calentamiento global, aumentan por la subida del nivel del mar, entre otras cosas. En la Unión Europea es de obligado cumplimiento la introducción en los planes urbanísticos de medidas de adaptación y mitigación, además de la elaboración de mapas de peligrosidad y cartografía asociada (CE, 2007).

[3] Según el Sistema Español de Información del Agua, en 1997 en España la gestión privada era del 37%. En 2006 la cifra ascendía al 48% y en 2014 es del 53% privada y 47% gestión pública.

Para concluir, decir que a pesar de los esfuerzos y de la promulgación de leyes y derechos en torno al acceso universal al agua potable y a la necesidad de conservación de los ecosistemas acuáticos, la complejidad de los procesos de planificación y gestión, marcados por intereses particulares, especulativos, políticos o geoestratégicos, impiden que las medidas acordadas, se lleven en muchas ocasiones a la práctica. "El desafío del agua no es solo de escasez del recurso, sino también de gestión. En este sentido, el diseño y evaluación de escenarios es una herramienta eficaz para informar en el proceso de toma de decisiones sobre las opciones disponibles, a pesar de las incertidumbres asociadas a su aplicación". (Martínez, 2005).

1.3 ABASTECIMIENTO URBANO EN ESPAÑA: ANÁLISIS DE ASPECTOS GENERALES

En nuestro país, los primeros sistemas de abastecimiento a las poblaciones datan de los romanos (siglo IV a. de C.), verdaderos ingenieros hidráulicos, cuyas ciudades más prósperas estaban a la orilla de grandes ríos. Consiguieron traer el agua limpia a las ciudades desde lugares lejanos, a través de un complejo sistema de presas, canalizaciones y acueductos, que almacenaban en cisternas y distribuían a través de surtidores hasta las fuentes públicas, los edificios públicos y los espacios decorativos.

Además, tenían un sistema de alcantarillado con una red de cloacas que desembocaba en el gran colector, que a su vez vertía al río donde se evacuaban las aguas residuales. Los árabes (siglo VIII), reactivaron los sistemas hídricos: almacenaban en aljibes, canalizaban a través de acequias que distribuían a las fuentes y al lado de ríos había molinos y aceñas. "Las aguas sucias" se conducían extramuros para ser utilizadas en industrias manufactureras o en el regadío de las huertas. El Renacimiento trajo consigo avances tecnológicos y crecimiento de la población en los núcleos urbanos, lo cual se tradujo en mayores necesidades de abastecimiento. Se crearon artilugios con sistemas de poleas en ciudades como Toledo, para subir el agua desde el Tajo a la ciudad. Pero básicamente se continuaron usando las infraestructuras heredadas de la época romana y musulmana.

No fue hasta la España del Regeneracionismo en el siglo XIX en que se comenzaron a modernizar y extender las redes de abastecimiento y saneamiento como respuesta a un nuevo crecimiento demográfico y a la búsqueda de mejores condiciones de vida y de

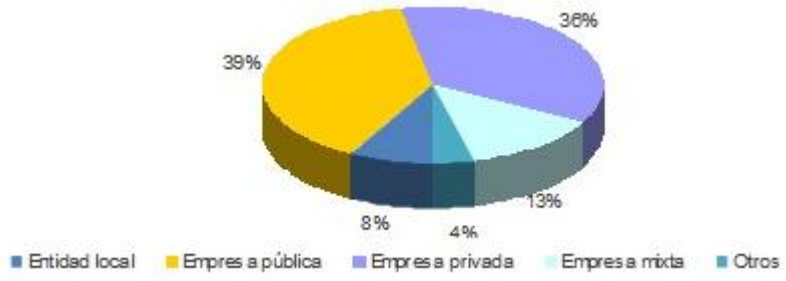
salubridad para la población. En 1859 se elaboró el primer proyecto de Código de las Aguas en España, que establecía que el abastecimiento es competencia de la municipalidad y preveía una dotación de 50 litros por habitante y día. El desarrollo de las técnicas hidráulicas en esta época contribuyó a afianzar la idea de que, mediante la construcción de obras subvencionadas por el Estado, España podría superar definitivamente la escasez de agua que había limitado el potencial económico del país y se daría una solución a lo que se consideraba "desequilibrio hidrológico" de unas zonas respecto a otras. Se abordó la construcción de numerosas presas, cientos de kilómetros de canalizaciones y depósitos para poner en regadío miles de hectáreas y para producción de energía eléctrica que incentivaría la industria, así como para garantizar el abastecimiento a las ciudades.

Ya en las primeras décadas del siglo XX se define la estructura de la administración del agua que ha llegado a nuestros días: se crean, con una gran visión de futuro, las Confederaciones Hidrográficas, de titularidad pública y encargadas de gestionar el agua desde el nivel de la cuenca completa de los ríos. En nuestro país, la planificación y la gestión hidrológica se han abordado siempre desde el ámbito de lo público, aún cuando ello haya llevado implícito favorecer intereses privados de grandes grupos de poder, como en el caso de las comunidades de regantes o las hidroeléctricas[4]. En cuanto a la gestión del ciclo integral del agua, tradicionalmente ha sido competencia de los ayuntamientos[5] hasta la década de los 90 del pasado siglo en donde comenzaron tímidamente los procesos privatizadores, que en los últimos cuatro años han aumentado exponencialmente hasta llegar al 53% de municipios gestionado por empresas privadas (Babiano, 2014). Según datos que aparecen en la Figura 5, en 2012 la gestión pública era del 47% y la privada alcanzaba el 49%. Un estudio llevado a cabo en Andalucía por García, González y Guardiola (2009), llega a la conclusión de que la gestión pública del agua es más eficiente que la privada.

[4] Se subvencionan grandes infraestructuras sin un análisis real coste-beneficio; se sobredimensionan datos; se sigue aumentando la superficie de regadío bajo modelos de aumentar la oferta sin gestionar la demanda; se otorgan concesiones sin verdaderos límites a las hidroeléctricas y sin contraprestaciones a la sociedad.

[5] La Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local (BOE, 1985) establece en el capítulo III que el suministro de agua, el alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales, es competencia de los ayuntamientos. En la normativa se especifica que todos los municipios, individualmente o de modo asociado, deben garantizar la prestación del servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable y el alcantarillado.

Figura 5. Régimen de gestión del agua en España en 2012



Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS 2012)

España es un país desarrollado con un sistema consolidado que garantiza el agua de calidad a toda la población. La Ley de Aguas de 1985 (BOE 1985)[6], otorga la titularidad del agua, el dominio público hidráulico y la planificación hidrológica al Estado. Nuestro ordenamiento jurídico establece que el abastecimiento es un uso prioritario frente al resto de usos (BOE, 2001), año) y representa un 17,2% de los usos a nivel nacional[7]. Teniendo en cuenta estos factores y además, uno fundamental, que es la climatología[8] y por tanto las aportaciones, analizaremos a nivel general, las demandas, los consumos y la gestión en el uso del agua para abastecimiento en España, siguiendo el esquema FPSIR[9] para señalar qué factores pueden poner en riesgo la garantía del recurso para la población. Previamente, haremos una breve introducción.

La Península Ibérica se caracteriza por la variabilidad y la irregularidad del régimen de precipitaciones, propia del clima mediterráneo, con largos estiajes justo cuando las demandas de agua son más intensas (usos agrícolas, evapotranspiración, turismo). En España, las ciudades concentran a más del 70% de la población y siete grandes áreas

[6] Ley 29/1985 de 2 de agosto sobre Ley de Aguas y Protección del Dominio Público Hidráulico .Las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, subordinado al interés general, que forma parte del dominio público estatal como dominio público hidráulico. Corresponde al Estado, en todo caso, y en los términos que se establecen en esta Ley, la planificación hidrológica a la que deberá someterse toda actuación.

[7] Incluye el consumo de pequeñas industrias. La procedencia de las fuentes es de un 11,6% de aguas superficiales; un 5,3% de aguas subterráneas; y un 0,67% de desalación. El sector agrícola representa el 82,8% de las demandas. Datos obtenidos del Censo agrario 2009 y Encuestas sobre el uso del agua (2011).

[8] Los factores climatológicos de mayor peso para contabilizar las aportaciones son: la temperatura, el régimen y la cantidad de las precipitaciones y la evapotranspiración.

[9] FPSIR= Fuerzas Motrices/ Presiones/ Estado/ Impactos/ Resultado.

metropolitanas (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga, Zaragoza y Bilbao) albergan a casi el 40%de los habitantes del país (Nello, 2001).

Entre éstas, Madrid y Barcelona son, con diferencia, las más importantes, ocupando respectivamente el 4º y el 5º lugar en el ranking de aglomeraciones urbanas europeas, después de Londres, París y Berlín (Saurí, 2008). Aunque con ritmos distintos, la historia urbana reciente de las grandes capitales españolas sigue el mismo ciclo que el de otras ciudades europeas y norteamericanas. Así, durante las décadas de 1960-1970, y coincidiendo con el "desarrollismo español", se vive una fase caracterizada por el desplazamiento de los núcleos rurales a los urbanos, acompañado de una rápida edificación y una concentración de la población en los extrarradios de las ciudades sobre todo. Con la llegada de la inmigración a España, entre los años 80 y 90 del pasado siglo, el centro de las ciudades recupera población. Y es a partir de la Ley que liberalizó el suelo en 1998 (BOE, 1998), cuando estalla el boom inmobiliario y crece desmesuradamente la construcción, sobre todo de zonas dispersas residenciales (procesos de expansión y dispersión) y en espacios muchas veces no recomendables y sin garantía de recursos hídricos[10]. De este modo, se produce entre 1998 y 2008, un crecimiento urbanístico y poblacional en los territorios con mayor escasez de recursos, tales como el litoral mediterráneo, las Islas Baleares, las Islas Canarias o Madrid, incrementando así las presiones sobre unas regiones que ya estaban sometidas a un cierto grado de estrés hídrico[11]. Entre 1997 y 2007 el parque de viviendas ascendía a 23,2 millones de viviendas (en otras palabras, una vivienda por cada dos habitantes), una cuarta parte de las cuales se edificaron durante esos años (Rodríguez López, 2006). Este modelo de desarrollo urbano tendente a la construcción de viviendas dispersas y viviendas secundarias infrautilizadas, es altamente consumidor de agua y territorio, dos factores altamente interrelacionados.

[10] Con la modificación del artículo25.4 del Texto Refundido de la Ley de Aguas de 2001, por la Ley 11/2005, de 22 de junio que modifica el Plan Hidrológico Nacional, se integra la necesidad a partir del año 2005, para nuevos desarrollos urbanísticos, de Informe preceptivo del Organismo de Cuenca pronunciándose expresamente sobre la existencia o inexistencia de recursos suficientes para satisfacer tales demandas.

[11] "Los impactos ambientales de las ciudades pueden variar mucho en función del modelo urbano imperante. Así, en el urbanismo de alta compacidad y densidad, los principales impactos ambientales se asocian a fenómenos como la congestión y al ruido. En cambio, el crecimiento vertical limita la ocupación extensiva del suelo, reduce costes energéticos y de otros recursos y facilita una mayor presencia de transporte público. Por su parte, el crecimiento horizontal o de baja densidad genera normalmente una sensación de mayor calidad ambiental al limitar la congestión pero encubre numerosos impactos ambientales de gran importancia, entre los que destacarían en primer lugar la ocupación y transformación de suelo (agrícola, forestal, etc.) ambientalmente muy valioso y cada vez más escaso" (Saurí y Cantó 2008).

En la página siguiente mostramos una relación de indicadores válidos para evaluar la situación y la gestión del abastecimiento en España, según el siguiente cuadro:

Tabla 1. Indicadores socioeconómicos y ambientales para analizar la situación del abastecimiento en España, según esquema FPSIR

FUERZAS MOTRICES	Precipitación
	Temperatura/ Evapotranspiración
	Densidad de población
	Ordenación del Territorio
	Legislación y Ordenanzas
	Nivel de renta familiar
PRESIONES	Modelo Territorial (disperso, compacto)
	Usos del suelo (agrícola, urbano, industrial
	Tipología de las viviendas
	Demandas de agua
ESTADO	Contaminación
	Índice de consumo y de explotación
IMPACTOS	Estado de las masas de agua
	Vulnerabilidad social
RESULTADOS	Inversión en infraestructuras
	Recuperación de costes
	Volumen de recursos no convencionales
	Capacidad de embalse

Eficiencia en el uso del agua

Precio medio del agua para usos domésticos

Iniciativas de ahorro (campañas divulgativas, educativas)

Nota: Elaboración propia.

Dado que una investigación e interpretación exhaustiva de estos factores excede la intención de este capítulo, nos limitaremos a aportar algunos datos de relevancia, como pueden ser la disponibilidad total de agua en España, la evolución del volumen de agua utilizado en los últimos años, así como el consumo per cápita, las fuentes de abastecimiento, el precio pagado por el agua, el índice de consumo y el volumen depurado.

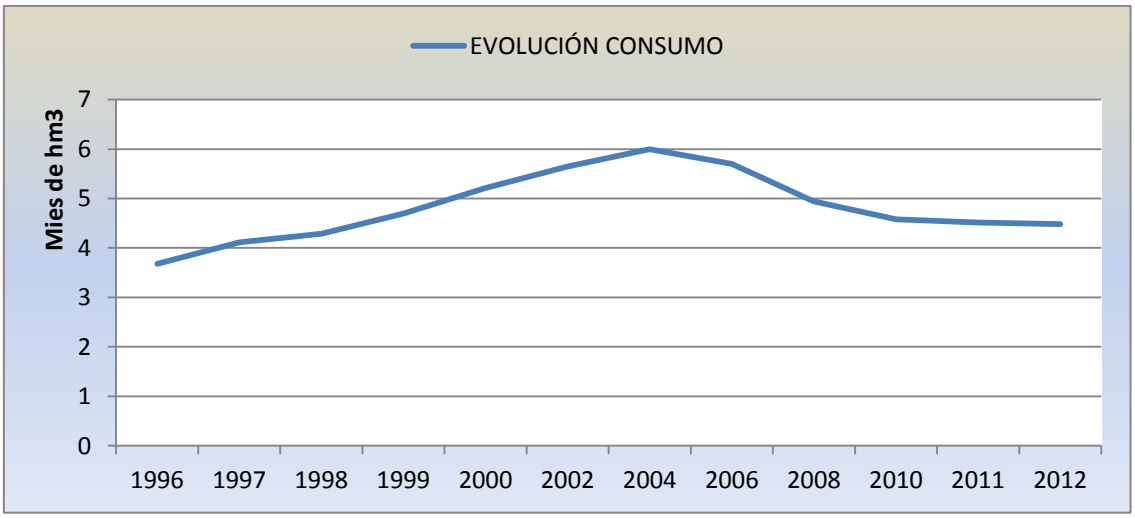
Tabla 2. Volumen total de agua suministrada en España

AÑO	VOLUMEN (Hm^3)
1996	3680
1997	4111
1998	4287
1999	4695
2000	5212
2002	5645
2004	6000
2006	5701
2008	4950
2010	4580
2011	4513
2012	4485

Fuente: INE, 2011. Elaboración propia

Así, el volumen de agua suministrada entre los años analizados, 1996 y 2012, ha variado. De la interpretación de los datos del cuadro anterior, se desprende que hasta el año 2006, el volumen de agua suministrada aumentó entre 1996 y 2006, en un 36%[12], para a partir de esa fecha, ir disminuyendo. Son los años del máximo apogeo de la burbuja inmobiliaria. En el siguiente gráfico, vemos la evolución:

Figura 6. Evolución del consumo del agua suministrada en España



Fuente: INE varios años. Elaboración propia

En ese mismo periodo, la población creció en un 11,2%, lo que nos indica un cierto "derroche" en los consumos, seguramente auspiciado porque una parte importante de la construcción era vivienda dispersa o de uso residencial[13]. Asimismo, habría que analizar el grado de eficiencia en el suministro. La procedencia de los recursos del agua suministrada en 2012 (INE) fue de: 67% de aguas superficiales; 29% de aguas subterráneas; y 4% de recursos no convencionales[14].

La última encuesta que ha hecho pública el INE sobre "El Abastecimiento y el Saneamiento en España" expone que durante el año 2012 se suministraron a las redes públicas de abastecimiento urbano 4.485 hm^3 de agua, una cuarta parte de los cuales,

[12] El aumento del consumo coincide con el apogeo de la época de la burbuja inmobiliaria y el mayor nivel de bienestar económico de la sociedad española. Asimismo, en estos datos no se tiene en cuenta el agua no registrada por malas condiciones de las infraestructuras o fraudes.

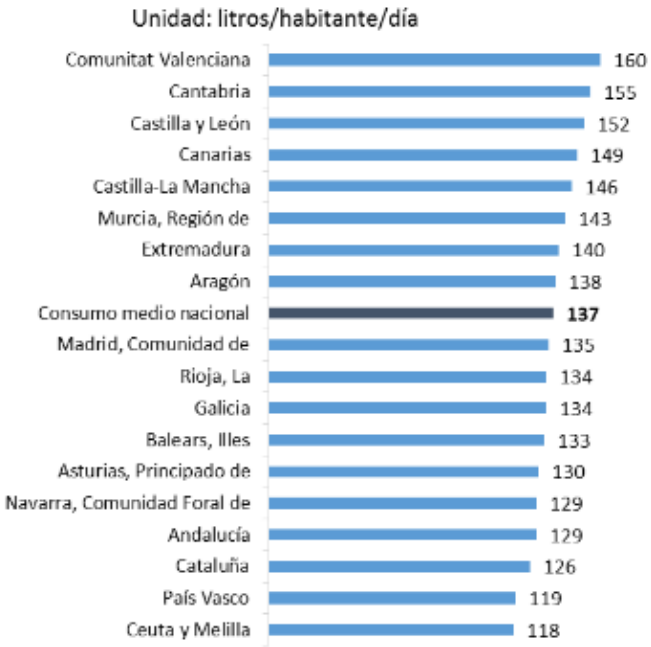
[13] El consumo de agua y de otros recursos como suelo o energía es mayor en esa tipología de viviendas

[14] La desalación supone un 3,74% del total de los usos para abastecimiento Los mayores consumos procedentes de desalación se dan en Canarias (que se abastece en un 77,4% de desaladoras), Baleares, Andalucía, Cataluña y el Levante (INE 2011). Desde 2009, un 20% del agua que consume Barcelona procede de la desalinización (EEA ,2012).

fueron volúmenes de agua no registrados (pérdidas, roturas, fraudes). Este elemento nos indica el grado de eficiencia del sistema. Un Informe del Observatorio de la Sostenibilidad en España, de 2007, fijó la eficiencia en la red de distribución en el 81%. Las pérdidas reales en 2012 fueron de 711 hm^3 (15,9%) y las pérdidas aparentes de 436 hm^3 (9,7%). En esta encuesta están a la cabeza, en cuanto a mayor consumo de agua registrada y distribuida a los hogares, Andalucía (576 hm^3 / 16,9% sobre el total), Cataluña (504 hm^3 /14,6% sobre el total) y Madrid (429 hm^3 /13,7% sobre el total), que son las Comunidades Autónomas más habitadas.

El consumo per cápita en el año 2012 se situó en 137 litros por habitante y día, un 3,5% menos que en 2011 y un 20% menos que en 2004, en donde el consumo fue de 172 litros/habitante/día. Las Comunidades Autónomas con consumos por encima de la media son, Comunidad Valenciana, Cantabria, Castilla y León, Canarias, Castilla la Mancha, Murcia, Extremadura y Aragón.

Figura 7. Consumo medio de agua en los hogares por Comunidad Autónoma

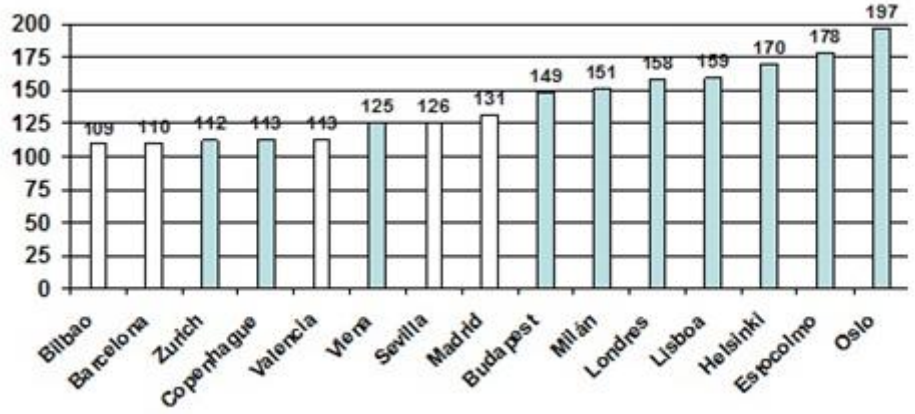


Fuente: INE 2012

Respecto a los consumos en otras ciudades europeas y tal como podemos observar en la Figura 8, las principales ciudades españolas se sitúan en una posición baja o

intermedia, con diferencias entre los 197 litros/habitantes/día de Copenhague y los 109 de Bilbao.

Figura 8. Consumo doméstico de agua en diversas ciudades europeas en litros/habitante/día



Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS 2010)

En cuanto al precio pagado por el servicio del agua[15], los costes unitarios[16] del agua en el año 2012 más elevados se registraron en Región de Murcia (2,50 €/m^3), Islas Baleares (2,38€/m^3) y Cataluña (2,29€/m^3), mientras que los más bajos se observaron en Castilla y León y La Rioja (1,02€/m^3 ambas) y Galicia (1,11€/m^3).

En el año 2012 el coste unitario del agua se situó en 1,73€/m^3, con un incremento del 12,3% respecto al año anterior (1,54€/m^3). El coste del suministro de agua, sin incluir depuración y alcantarillado, fue de 1,03€/ m^3, un 8,4% más que en 2011.

Respecto a la recuperación de costes, las ciudades españolas son las que menos pagan por los servicios del agua. Murcia y Baleares, que son las Comunidades en las que se paga el m^3 más caro en España, estarían en una posición intermedia. En Copenhague, se paga 6 veces más que en Bilbao por el agua facturada. El bajo precio de las tarifas desincentiva el ahorro. Respecto a la depuración, incluida en el ciclo integral del agua, el volumen depurado (incluye aguas pluviales) es de 13.499 hm^3, de los cuales se reutilizan 1.666 hm^3 (INE, 2011).

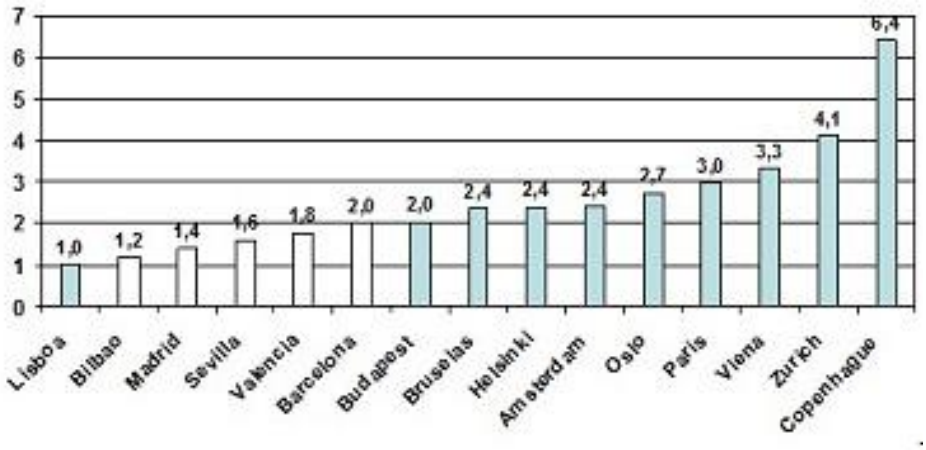
[15] La Directiva 2000/60/CE plantea en su artículo 9.1 la recuperación de costes por los servicios del agua.

[16] El coste unitario del agua se define como los importes abonados en concepto de alcantarillado, depuración y cánones de saneamiento o vertido, y el volumen de agua registrada y distribuida a los usuarios.

Figura 9. Coste unitario del agua por Comunidad Autónoma

Fuente: Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua (INE 2012)

Figura 10. Precio del agua en varias ciudades europeas (en euros)



Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS 2010)

Respecto al análisis del índice de consumo[17], definido como Volumen de extracciones/ Volumen de recursos renovables, en él se han incluido todos los usos, incluidos los destinados a la agricultura, para hallar la relación entre la demanda consuntiva de agua y los recursos hídricos naturales. La diferencia entre ambos sería el

[17] Constituye una medida directa del grado de presión que soportan los ecosistemas. Los datos los hemos obtenido de los Datos sobre Censo Agrario (INE 2011). No hemos hallado datos de algunas Comunidades Autónoma

retorno de agua que se produce al medio, y éste depende del tipo de uso y de la eficiencia en la utilización del agua.

Tabla 3. Índice de consumo hídrico en % de algunas Comunidades Autónomas

Cataluña	1,2
La Rioja	1,12
ESPAÑA	1,04
Extremadura	1,01
Andalucía	0,99
Castilla la Mancha	0,97
Murcia	0,92
Aragón	0,91
Navarra	0,87
Castilla y León	0,86

Fuente: Encuesta sobre los usos del agua (INE 2011). Elaboración propia.

A la vista de los Índices de consumo que figuran en la Tabla 3, se observa que, en el cómputo total, el valor para España es mayor que 1 (1,04). Algunas CCAA, como Cataluña, Extremadura o la Rioja, superan este valor, y el resto, están por debajo, pero con valores cercanos (Murcia 0,92; CLM 0,97; Navarra 0,87). Esto significa presiones y un muy frágil equilibrio entre usos y disponibilidad, con déficit allá en donde los valores son mayores que 1. En comunidades como Murcia, el Índice de consumo no ofrece resultados tan negativos debido al complemento en suministro de recursos no convencionales (reutilización y desalación) y al agua que le llega del trasvase Tajo-Segura.

Es fundamental tener en cuenta estos y otros factores para planificar con criterios de racionalidad económica, garantía y sostenibilidad. La utilización de modelos hidrológicos puede ayudar a predecir tendencias y elaborar las estrategias más adecuadas. El Informe recién publicado por el INE sobre "Proyección de Hogares 2014-2029" (INE, 2014) prevé 19,2 millones de hogares, es decir, casi un millón más que en la actualidad. Por comunidades autónomas, las mayores tasas de crecimiento se producirían en la Comunidad de Madrid, Región de Murcia y Andalucía. Sólo Castilla y León y el Principado de Asturias verían descender el número de hogares.

El abastecimiento está estrechamente ligado al desarrollo de un modelo territorial, económico y social. La gestión del agua urbana se entiende como un servicio que debe estar garantizado con unos estándares de calidad y continuidad y bajo preceptos de gobernanza. Ello implica una planificación en la que la incertidumbre se reduzca a niveles mínimos. Sabemos que el descenso de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas

observado en los últimos años como consecuencia del cambio climático, reducirá el agua disponible. Por lo tanto, es imprescindible llevar a cabo una serie de medidas que reduzcan los riesgos y garanticen agua de calidad y en cantidad suficiente. En España, como se ha comentado, han disminuido los volúmenes derivados y los utilizados para demanda urbana, básicamente por dos motivos: uno, menor consumo real de los usuarios; dos, mayor grado de eficiencia en el servicio. Aún así, se prevé un aumento de la población, por lo que la planificación adecuada solo será válida con un conocimiento de los escenarios posibles en los horizontes temporales venideros. Garantizar el abastecimiento presente y futuro a la población implica llevar a cabo una serie de medidas, entre las que podemos señalar:

1º.- Conservar la calidad de las fuentes en origen. Para ello, es necesario fomentar acciones encaminadas a la conservación y el no deterioro de nuestros ecosistemas acuáticos, tanto superficiales como subterráneos

2º.- Conseguir el equilibrio entre el balance de suministros y consumos. Para ello se debe incidir en:

- La eficiencia en las infraestructuras y los sistemas (control de pérdidas reales y aparentes, reducción de fugas y agua no controlada; lucha contra el fraude)
- Reducción del consumo por parte de la población (elaboración de campañas educativas y divulgativas de concienciación, aplicación de tarifas por bloques y que reflejen precios reales de recuperación de costes)[18]
- La sectorización del sistema de abastecimiento.
- La renovación de las infraestructuras de captación, almacenamiento y distribución
- El uso de herramientas y sistemas adecuados (modelación, informatización, indicadores, georreferenciación, telecontrol)
- El empleo de aparatos, de electrodomésticos y de mecanismos de ahorro y control en los hogares (grifos, cisternas, electrodomésticos eficientes)[19]
- La exigencia de una adecuada depuración al 100%. Y el fomento de aguas

[18] La recuperación de costes implica que el precio del agua refleje los costes financieros, medioambientales y del recurso.

[19] El uso de estos aparatos puede llegar a reducir hasta un 70% en el consumo (EEA, 2012, página 15).

regeneradas[20] y reutilizadas.

- La instalación de redes separativas: pluviales y residuales, con el objetivo de hacer más eficiente la depuración[21] y de acumular y dar un uso posterior a las aguas pluviales (reservas con función utilitaria y decorativa)[22]

3º.- Actuaciones desde las Administraciones públicas.

- Elaboración de modelos de organización territorial adecuados y coordinación entre las instituciones implicadas. Ordenanzas municipales que incentiven el ahorro.
- Gobernanza en la gestión que debe ser 100% pública[23], transparente y participativa, con criterios de eficiencia, equidad y rendición de cuentas. Para ello, se debería crear un Órgano Regulador independiente de control.

La preocupación desde la Unión Europea por salvaguardar los recursos hídricos de todos los países miembros desembocó en la publicación a finales de 2012 de un documento llamado Blueprint (CE, 2012). En él se fijan objetivos para mejorar la eficiencia en el ciclo integral del agua y reducir los consumos, a la vez que se expone la necesidad de conservar las masas de agua en buen estado ecológico, elaborar políticas para hacer frente a periodos de escasez y sequías o mejorar la gobernanza. Su marco de actuación se engloba dentro del horizonte de la Estrategia Europea 2020.

---

[20] En la isla de Gran Canaria un 20% de los usos del agua provienen de aguas regeneradas (EEA , 2012, página 13)

[21] Según un estudio realizado por Ecologistas en Acción (2006), si se integran todas las posibilidades de reutilización de aguas grises y pluviales junto con el resto de sistemas de reducción del consumo de agua, la capacidad de ahorro doméstico puede llegar a ser de hasta un 40%.

[22] Existen proyectos como el de la ciudad de Rotterdam "Cilmate Change Adaptation Strategy" http://www.rotterdamclimateinitiative.nl, que contemplan sistemas en los edificios y en otras áreas urbanas para captar y almacenar aguas procedentes de la lluvia y su posterior utilización.

[23] Debido a la decisión por numerosos ayuntamientos de privatizar la gestión del ciclo integral del agua en España, han surgido en los últimos tiempos numerosos movimientos ciudadanos reclamando una gestión pública, agrupados en la Red por el Agua Pública (RAP). Entre otras herramientas, están difundiendo el llamado "Pacto Social por el Agua", que es un documento en el que se recogen sus reivindicaciones y susceptible de ser apoyado por cualquier sector de la sociedad ¿termina aquí? Cuidado con la hoja siguiente

Según Babiano (2013), estamos asistiendo a lo que considera una "burbuja hídrica". Los Ayuntamientos endeudados entregan la gestión del agua por periodos que varían entre 25 y 50 años, a empresas privadas a cambio del llamado canon concesional, que es una manera encubierta de financiación del ayuntamiento que gobierna en esos momentos.

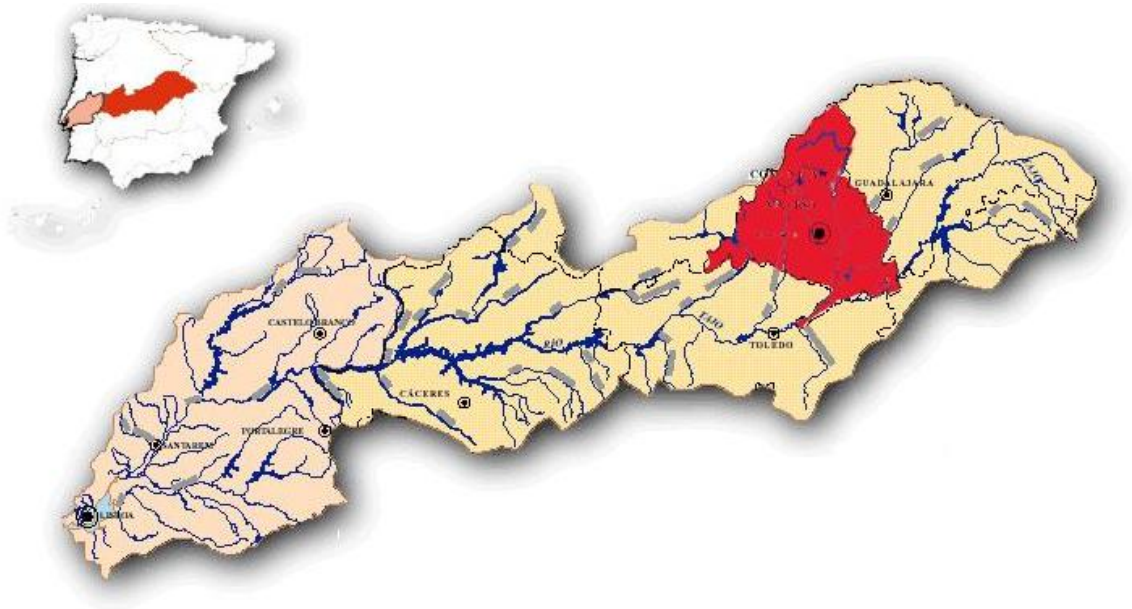
Capítulo 2. RASGOS GENERALES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO

El 98 % del territorio de la Comunidad Autónoma de Madrid se encuentra en el Sistema Integrado de la Cuenca Alta, dentro de la Demarcación Hidrográfica española del Tajo. La ciudad y su conurbación suponen una presión muy importante por el elevado volumen de recursos hídricos que necesita y por los vertidos que genera. Ello repercute en el resto de la Cuenca, por lo que antes de abordar el diagnóstico sobre el abastecimiento de Madrid, se expondrán los aspectos que más nos interesan sobre la Cuenca del Tajo para contextualizar el análisis con una visión de conjunto.

2.1 MARCO TERRITORIAL Y MEDIO FÍSICO

La Demarcación Hidrográfica Internacional del Tajo es una cuenca compartida entre España y Portugal, situada en el centro de la Península Ibérica. Tiene una superficie total de 83.678 km^2, que se distribuyen en un 69,2% (55.750 km^2) en suelo español y en un 30,8% en tierras portuguesas (24.850 km^2).

Figura 11: Ubicación de la Comunidad de Madrid en la Demarcación Internacional del Tajo



Fuente: hábitat.upm.es

El río Tajo es el más largo de la Península, con una longitud total desde que nace en la Sierra de Albarracín (Sistema Ibérico), hasta que desemboca en el mar de la Paja en Lisboa (Portugal), de 1.100 km, de los cuales 857 km los recorre en territorio español. Existen 43 km que hacen frontera con Portugal. Es asimismo, la tercera cuenca de mayor superficie de la Península, con 83.678 km^2, después de la del Duero, con 97 290 km^2, y de la del Ebro, con 83 093 km^2.

Tabla 4. Superficie y población de la Demarcación del Tajo en España y Portugal

	ESPAÑA	PORTUGAL	% España	% Portugal	TOTAL
Superficie (km^2)	55.645	22.822	66	34	83.678
Longitud (m)	857	200	83,3	16,7	1.100
Población (millones hab)	7,8	3,2	68,5	31,5	11

Fuente: INE 2011 y Plan de la Demarcación Hidrológica del Tajo (CHT 2014). Elaboración propia

2.1.1 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL

La parte española de la cuenca comprende cinco Comunidades Autónomas: Castilla la Mancha, Extremadura, Madrid, Castilla y León y una pequeña parte en Aragón, repartida entre las provincias de Guadalajara, Madrid, Toledo, Cáceres y una pequeña parte de Cuenca, Teruel, Ávila y Salamanca.

2.1.2 DEMOGRAFÍA

Es la cuenca con mayor presión demográfica de la Península Ibérica, con 11 millones de habitantes, de los que se distribuyen más de 7,8 millones en España (71%) y 3,2 millones en Portugal (29%). La mayor parte de la población se distribuye entre Lisboa y Madrid, capitales de Portugal y España respectivamente y que concentran en sus áreas metropolitanas las mayores demandas urbanas de los dos países. Frente a una población de 7.879.123 habitantes en toda la cuenca de la parte española, la Comunidad de Madrid aglutina una población de 6.489.680 habitantes (INE, 2013), lo que representa el 83,37%

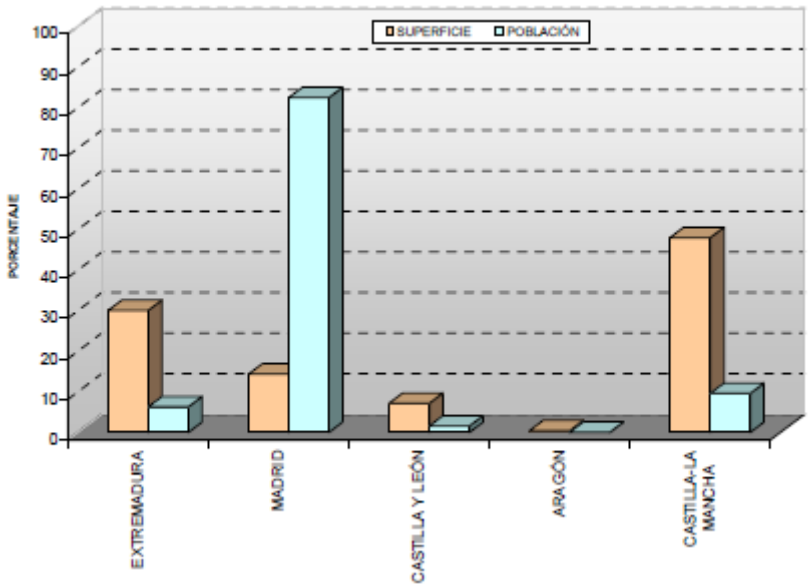
del total de la población, con una densidad de 810 hab/km^2, tal y como se puede ver en la Figura 12. En cuanto a superficie, el mayor porcentaje se encuentra en Castilla la Mancha y Extremadura, con un 48% y un 30% respectivamente.

Tabla 5. Distribución territorial y población de las Comunidades Autónomas

	Supeficie		Población 2011		Densidad
	Km^2	%	Empadronados	%	Hab/Km^2
Aragón	243	0,43%	1.120	0.01%	5
Castilla-La Mancha	26.865	48,16%	902.337	11.45%	34
Castilla y León	3.987	7,15%	94.039	1.19%	24
Extremadura	16.676	29,89%	391.947	4,97%	24
Madrid	8.011	14,36%	6.489.680	82,37%	810
Total	55.781	100,0%	7.879.123	100.00%	141

Fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo, (CHT, 2013b)

Figura 12. Participación provincial en superficie y población



Fuente: Plan Especial de Eventual Sequía del Tajo, (CHT, 2007b)

2.1.3 LÍMITES

El Tajo atraviesa de este a oeste el Macizo Hespérico, quedando delimitado al norte por el Sistema Central, a través de las estribaciones de Somosierra, Guadarrama, Gredos, Gata y la Estrella; al sur, por los montes de Toledo y la sierra de Montánchez; al este, por el Sistema Ibérico, con la sierra de Albarracín y la Serranía de Cuenca como principales formaciones; y al oeste, por el océano Atlántico. Las diferencias altitudinales son acusadas, desde los 200 metros en algunos puntos del sector central de la cuenca, a los más de 2.500 m de algunos picos del Sistema Central

2.1.4 GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA

Con el objetivo de simplificar la estructura geológica y morfoestructural del relieve y de los suelos, dividiremos la cuenca en varias zonas:

-*Sector oriental*.- Coincide con la zona de Cabecera, en el que el sustrato predominante es calizo mesozoico, con materiales fundamentalmente permeables y procesos kársticos. Se corresponde con los macizos del Sistema Ibérico.

-*Sector norte y noroccidental*.-Situado en las Sierras que conforman el Sistema Central, de dirección este-oeste, donde se sitúan las máximas alturas de la cuenca (2596 metros en Gredos), y con predominancia de materiales paleozoicos cristalinos reactivados en la última orogenia alpina, como granito, gneis y pizarras metamórficas.

-*Sector central*.- En líneas muy generales se corresponde con la cuenca Terciaria que atraviesa el río Tajo, en la que predominan los materiales detríticos como arcillas, arenas, gravas y materiales evaporíticos (yesos). En la zona central y asociado a las llamadas "rañas" y a las terrazas y aluviales de los ríos, aparecen materiales pliocuaternarios como arcillas, limos, arenas y gravas.

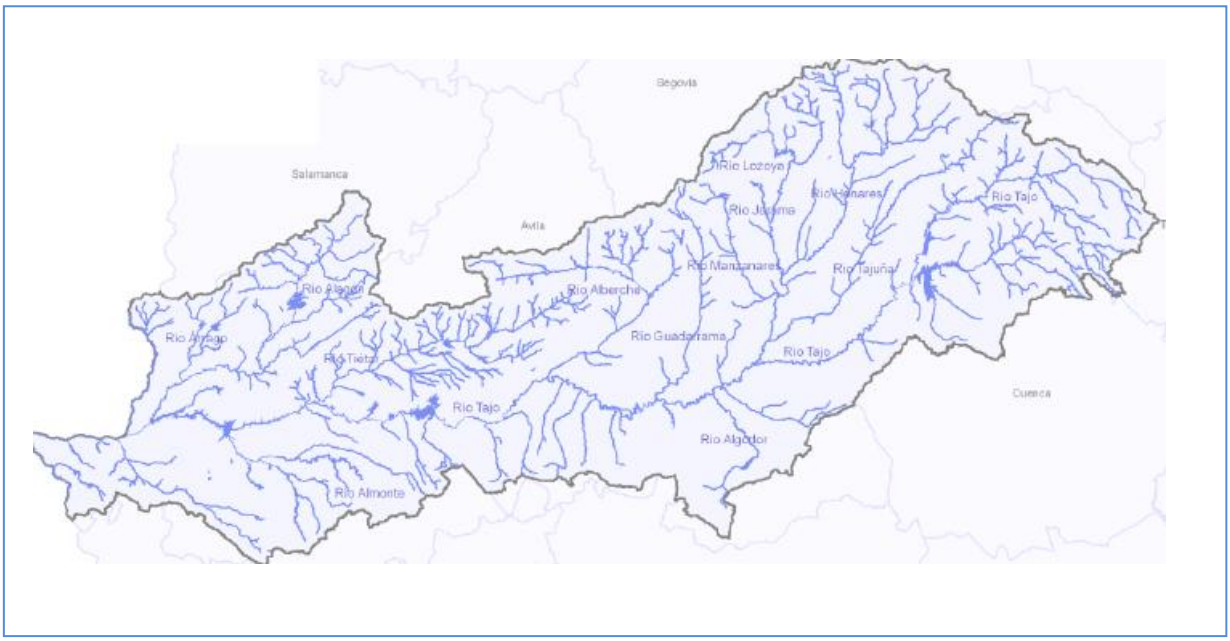
-*Sector Sur*.-Se corresponde con las alineaciones de los Montes de Toledo, donde predominan los materiales precámbricos, como cuarcitas y otras rocas metamórficas.

-*Sector occidental*.- Es el dominio de los ríos Tuerto, Erjas y Séver que fijan la frontera con Portugal.

2.1.5 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

La red fluvial superficial es disimétrica, recibiendo el Tajo por su margen derecha a los afluentes más caudalosos, que provienen de los sistemas montañosos graníticos del Sistema Central (Jarama, Guadarrama, Alberche, Tiétar o Alagón) y del Sistema Ibérico. Los ríos tributarios de la margen izquierda son más cortos y menos caudalosos, destacando el Guadiela, el Algodor, el Almonte o el Salar. Las aguas procedentes de la zona de Cabecera y de la margen izquierda tienen en general una concentración salina superior a los que proceden de los macizos graníticos del norte del Sistema, debido al sustrato que atraviesan.

Figura 13. Red Hidrográfica principal de la Demarcación española de la cuenca del Tajo



Fuente: Plan Hidrológico del Tajo (CHT, 2014)

2.1.6 HIDROGEOLOGÍA

La localización de los acuíferos en la cuenca está determinada sobre todo por la composición de la roca madre y de los suelos que condicionan la disponibilidad de aguas subterráneas. En líneas generales, los materiales de la cuenca pueden dividirse en dos grandes grupos: impermeables y permeables (por fisuración o por karstificación). Entre los

primeros se incluyen básicamente todos los materiales paleozoicos (granitos, gneises, pizarras. cuarcitas) y los terciarios evaporíticos. Y entre los segundos, aquellos de naturaleza calcárea y detrítica. De este modo, los acuíferos más importantes e insertos en su totalidad en la Cuenca, son los siguientes:

- Terciario detrítico de Madrid, Toledo y Cáceres, de 9.700 km^2 de superficie
- Calizas del páramo de la Alcarria (Guadalajara y Madrid), de 2.200 km^2
- Terciario detrítico del Alagón (Cáceres), de 846 km^2
- Reborde mesozoico del Guadarrama (Madrid, Guadalajara), de 140 km^2

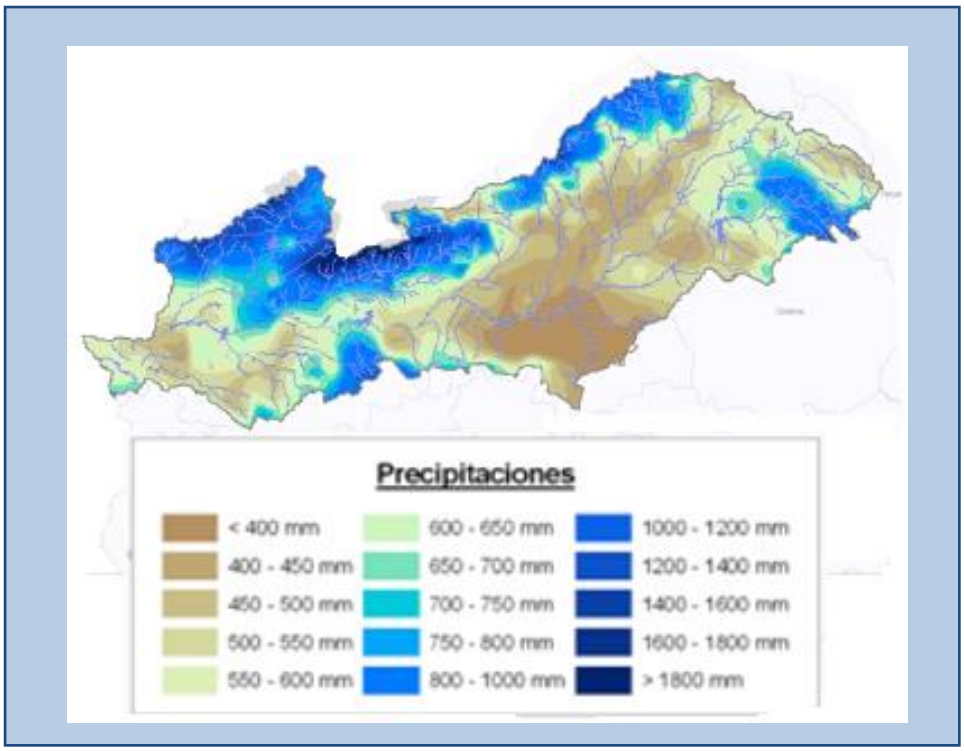
2.1.7 CLIMATOLOGÍA

La cuenca del Tajo se sitúa en la España mediterránea, con un marcado estiaje por tanto, un clima continental y con una gran variabilidad intra e inter-anual en la distribución y en el régimen de las precipitaciones, con años hidrológicos húmedos y otros secos. Las borrascas atlánticas penetran por el estuario del Tajo y se adentran, descargando en las zonas montañosas del Sistema Central. Los máximos pluviométricos se concentran por tanto en el borde noroccidental, en donde se sobrepasan frecuentemente los 1.000 mm/año, con máximas de hasta 1.700 mm/año en las cabeceras de algunos ríos como el Tiétar, el Alberche, el Jerte, el Alagón o el Árrago. En el sector nororiental estos valores descienden a 1.100 mm/año, como en las cabeceras de ríos como el Guadarrama, Jarama, Sorbe y Guadiela. En las zonas llanas, los valores pluviométricos descienden por debajo de 600 mm/año, con mínimos de 400 mm/año en el sector central de la cuenca (zona de Toledo-Sur, de Madrid-Oeste y de la Sierra de Altomira) en su límite con la cuenca del Guadiana.

La pluviosidad media es de 690 mm, distribuyéndose de manera estacional, con máximos en otoño y primavera. Esto se traduce en unas aportaciones medias de 36.281 hm^3/año, siendo la capacidad de embalse del conjunto de la cuenca de 11.012 hm^3.

La temperatura, condicionada por la altitud y la latitud, presenta variaciones a medida que ascendemos o nos acercamos al mar. En las zonas bajas y más al sur, la media anual se sitúa entre 14-16ºC y en las zonas montañosas, como Guadarrama y Gredos y especialmente en el Alto Tajo las temperaturas son más bajas alcanzándose unas temperaturas medias de entre 8 y 10ºC. La evapotranspiración media es de 475 mm.

Figura 14. Distribución de la precipitación media anual en mm/año (1940/2006)



Fuente: Plan Hidrológico del Tajo, (CHT 2014)

2.1.8 BIOGEOGRAFÍA

La cuenca del Tajo se enmarca en la región mediterránea, provincia Mediterránea-Ibérica- Occidental. El marco biótico de la Cuenca del Tajo, debido a su geología, geomorfología y climatología, presenta una gran variedad de ecosistemas que incluyen diferentes hábitat y especies, algunos endémicos y que encuentran su límite de distribución en el Sistema Central. Las diferencias altitudinales entre las altas cumbres de este Sistema y los valles fluviales del Tajo y sus afluentes, condicionan la existencia de una representación de todos los pisos bioclimáticos de la región biogeográfica mediterránea, con hábitat y especies asociados de gran valor ambiental.

La masa forestal en la cuenca del Tajo representa un 55% del territorio. Un 52% de esta área está ocupada por pastos naturales, compuestos por matorral y vegetación herbácea. Los cultivos, tanto de secano como de regadío, constituyen alrededor del 10% de la superficie de la cuenca

Dado que la vegetación está influenciada por el gradiente altitudinal, climatológico y pluviométrico y por la composición del suelo, las especies más xerófilas se distribuyen a medida que avanzamos hacia el este y el sur. De este modo, en la zona noroccidental aparecen especies con mayores necesidades hídricas como robledales de *Quercus pyrenaica*, fresnedas de *Fraxinus angustifolia*, enebrales de *Juniperus oxycedrus* y formaciones de *Celtis australi*s. En las zonas con una vegetación de ribera bien conservada, observamos alisares de *Alnus glutinosa*, saucedas del género *Salix*, brezales del género *Erica* o alamedas del género *Populus*. La zona central y sur de Extremadura es el área de los encinares de *Quercus ilex* y del *Quercus suber*, acompañados del cortejo acompañante. En zonas áridas del sur, centro y sureste, donde abundan suelos yesíferos y cuarcíticos, aparecen especies xerófilas y halófitas. Por último, en el borde nororiental, en las estribaciones del Sistema Ibérico domina el pinar, de repoblación en gran medida, junto a bosquetes de sabina de *Juniperus thurifera.*

La gran diversidad de ecosistemas permite la existencia de una fauna variada con representación de numerosas especies ligadas a los distintos hábitats, algunas de ellas emblemáticas y con distinto grado de protección (águila Imperial, cigüeña negra, lince, desmán de los pirineos, etc). Así, hay catalogados en la cuenca dentro del grupo de los vertebrados: 66 mamíferos, 198 aves nidificantes, 26 reptiles, 18 anfibios y 29 peces.

2.1.9. ESPACIOS PROTEGIDOS DE LA DEMARCACIÓN DEL TAJO

La Directiva Marco del Agua (CE, 2000) exige el cumplimiento de medidas encaminadas a la preservación y recuperación de los ecosistemas acuáticos y los espacios ligados a ellos. El 62% de la superficie de la cuenca cuenta con alguna figura de protección**.** La Red Natura 2000 incluye dentro de la cuenca un total de 102 Lugares de Interés Comunitario (LICs) con una superficie total de 16.031 km2, y 73 Zonas de Especial Protección para Aves (ZEPAS), con una superficie conjunta de 13.744 km. Existen 21 espacios catalogados como "Zonas Húmedas" y 3 Humedales Ramsar, además de 2 Parque Nacionales (Monfragüe y Sierra de Guadarrama), varios Parque Regionales (Cuenca Alta del Manzanares, Parque del Sureste de Madrid, Sierra de Gredos), diversos Parques Naturales (Alto Tajo, Sierra de San Pedro, El Hosquillo, Peña de Francia, Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara,) y numerosas Reservas y Monumentos Naturales (Garganta de los

Infiernos, Glaciares de Peñalara, Peñas del Arcipreste de Hita, Hayedo de Montejo, Las Hiruelas), etc

2.2 ÁMBITO ADMINISTRATIVO DE LA CUENCA DEL TAJO

En España las Confederaciones Hidrográficas son las que se encargan de la planificación hidrológica, la gestión de recursos, la protección del dominio público hidráulico, las concesiones de derechos de uso privativo del agua, el control de calidad del agua, el proyecto y ejecución de nuevas infraestructuras hidráulicas y los programas de seguridad. Tienen personalidad jurídica propia, aunque están adscritas a efectos administrativos al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente[24] (MAGRAMA). En el caso de la cuenca del Tajo, es la Confederación Hidrográfica del Tajo, creada en 1953, la que se encarga de su planificación y gestión a través de la elaboración de los Planes de Cuenca. El contenido normativo de éstos, debe adecuarse a la Directiva Marco del Agua (CE, 2000), de ámbito comunitario, y cuya transposición a nuestra legislación se llevó a cabo en diciembre de 2003. La aplicación de esta Directiva, implica un giro importante en la concepción de las políticas hidrológicas, puesto que por primera vez el foco, está puesto en la conservación de los ecosistemas hídricos, la participación ciudadana y en la implementación de medidas para la recuperación de costes.

La Directiva Marco del Agua, en adelante DMA, establece un calendario en el que la planificación completa abarca ciclos de 6 años. De este modo, en 2009 deberían haber estado aprobados todos los planes de cada una de las Demarcaciones españolas, para tras la aplicación y evaluación de las medidas propuestas, volver a planificar y aprobar un nuevo Plan en 2015. Esto no se ha cumplido, y en el caso de la Demarcación del Tajo en España, se ha aprobado el Plan Hidrológico de Cuenca el 12 de abril de 2014, tras 5 años de retraso. Es importante destacar esto, puesto que en un año, es decir en 2015, habrá que aprobar un nuevo Plan sin tiempo para poner en práctica el paquete de medidas propuesto y su evaluación.

El abastecimiento es el uso prioritario en la planificación del agua y Madrid, la ciudad más poblada de España, está condicionada a la disponibilidad de los recursos

[24] En 1996 se crea el Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM). Anterior a esta fecha, sus competencias se hallaban dispersas en varios Ministerios. En el año 2008 este Ministerio se fusiona con el de Agricultura, Pesca y Alimentación y pasa a denominarse *Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino* (MARM). Con el cambio de gobierno en noviembre de 2011, toma el nombre actual de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

hídricos de la cuenca del Tajo y éstos a la planificación y gestión de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

2.3 RECURSOS HÍDRICOS

En la Demarcación del Tajo, los recursos hídricos podemos dividirlos en:

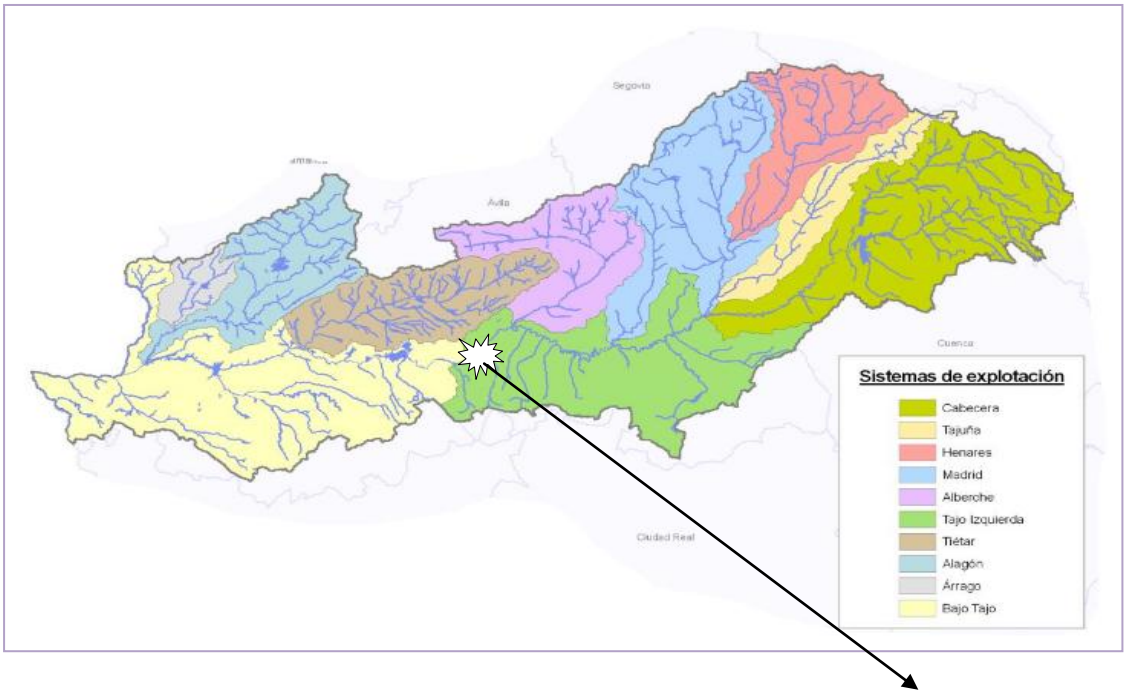
-*Recursos convencionales*. En este apartado estarían los recursos hídricos superficiales y los subterráneos.

-*Recursos no convencionales:* aguas procedentes de la reutilización.

-*Recursos destinados a transferencias externas*: Trasvase Tajo-Segura.

Además, para una mejor planificación hidrológica, la Confederación Hidrográfica del Tajo ha dividido la cuenca en *sistemas de explotació*n de recursos, que están constituidos por masas de agua superficial y subterránea, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica.

Figura 15: Sistemas de explotación en la Demarcación del Tajo



Fuente: Plan de Cuenca del Tajo (CHT 2014)

Embalse de Azután

Estos son:

-*Sistema Integrado de la Cuenca Alta del Tajo (SICA) o Macrosistema*, que son las subcuencas aguas arriba del embalse de Azután (Cabecera, Tajuña, Henares, Jarama, Guadarrama, Alberche y Tajo Medio o Izquierdo). La Comunidad de Madrid está integrada en el SICA a través del subsistema Jarama-Guadarrama.

- *Tiétar*, cuenca completa del río Tiétar.

- *Alagón*, cuenca completa del río Alagón exceptuando la del Árrago.

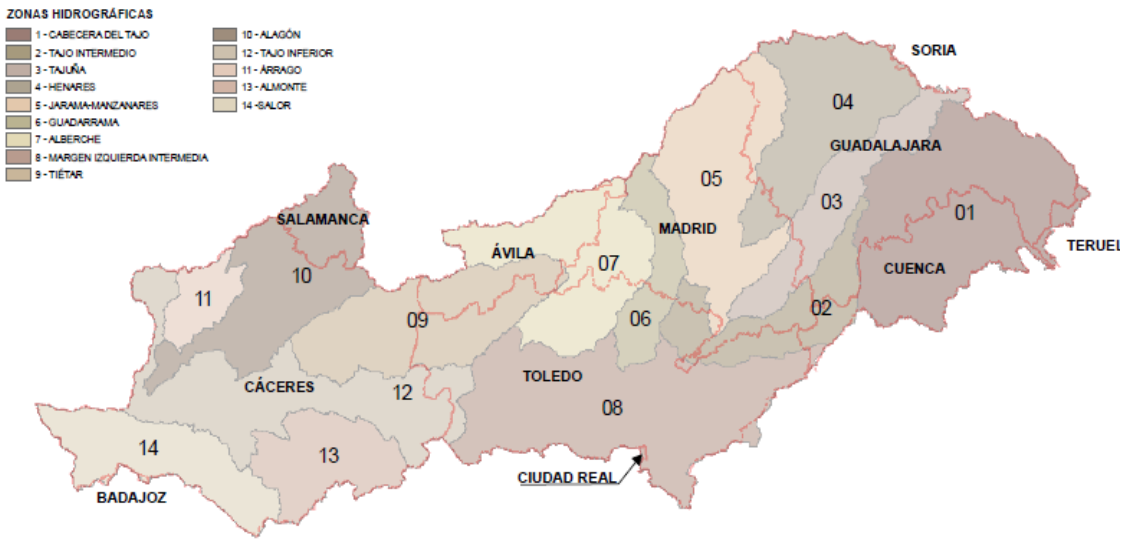
- *Árrago*, cuenca completa del río Árrago.

- *Bajo-Tajo Extremadura*, cuenca del Tajo desde Azután hasta Portugal, incluyendo los afluentes Almonte, Salor, Sever y la cuenca española del Rivera de Erjas.

2.3.1 RED FLUVIAL Y RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

La red fluvial está condicionada por el relieve. Como se ha indicado en los apartados anteriores sobre hidrología superficial y climatología, la red fluvial en el sistema del Tajo es asimétrica, con ríos tributarios caudalosos al norte y sobre todo al noroeste, y ríos más cortos y con un régimen de aportaciones mucho menor al sur. Esta situación produce además, un desequilibrio entre las áreas generadoras de recursos (Gredos y otros macizos del Sistema Central) y las zonas más pobladas, que son las que los demandan (Madrid sobre todo y su área metropolitana).

Figura 16. Zonificación hidrográfica



Fuente: Plan especial de eventual sequía en la Cuenca Hidrográfica del Tajo (CHT, 2007b)

Las mayores aportaciones se obtienen de los ríos Tiétar (9) y Alagón (10), tal y como se observa en el siguiente cuadro en el que se reflejan las principales variables hidrológicas. En el SICA, que es donde se ubica la Comunidad de Madrid, las aportaciones totales con la serie larga (desde el año 1940 al 2000) son de 3.936 hm^3/año, es decir, un 33% del total de la Cuenca del Tajo, a pesar de soportar el mayor peso de las demandas consuntivas (Madrid y trasvase Tajo-Segura).

Tabla 6. Valores medios anuales de las principales variables hidrológicas utilizando la serie larga

ZONA	Precipitación (mm)	ETP (mm)	Aportación (hm^3)
Cabecera del Tajo	649,34	632,57	1.191
Tajo intermedio	470,27	753,40	118
Tajuña	534,72	679,47	132
Henares	584,38	675,79	518
Jarama-Manzanares	639,96	688,43	992
Guadarrama	531,39	738,45	162
Alberche	667,99	757,68	823
Margen izquierda int.	461,06	763,68	537
Tiétar	1012,01	797,19	2.155
Alagón	941,52	787,47	1.996
Árrago	948,62	783,86	430
Tajo Inferior	660,52	818,14	1.329
Almonte	635,26	778,85	501
Salor	569,91	753,18	1.105
Total cuenca	**651,72**	**740,68**	**11.990**

Fuente: Plan Especial Sequía en el Tajo (CHT, 2007b)

La precipitación media en la cuenca del Tajo es de 652 mm y la evapotranspiración es de 475 mm. Los datos registrados sobre precipitaciones y aportaciones, tanto de la serie larga (1940/41- 2005/6), como de la serie corta (1980/81- 2005/6), nos indican que hay una disminución de las aportaciones, especialmente en el cómputo que va desde los años 80 del pasado siglo. "Esta disminución es aún mayor en el subsistema de la Cabecera del Tajo, donde se ha producido un descenso del 47,4% "(Estevan, La Calle y Naredo 2007, p.50). La normativa de planificación recomienda que las asignaciones y reservas de agua para la demanda previsible se realice teniendo en cuenta los datos de la serie corta. Así, si comparamos los 12.230 hm3 que contemplaba el anterior Plan de Cuenca de 1998 con los 7.982 hm3 que aparecen en la hoja 12 de la propuesta de Plan Hidrológico actual (CHT, 2013), la reducción de las aportaciones es del 35% con respecto al citado Plan de 1998.

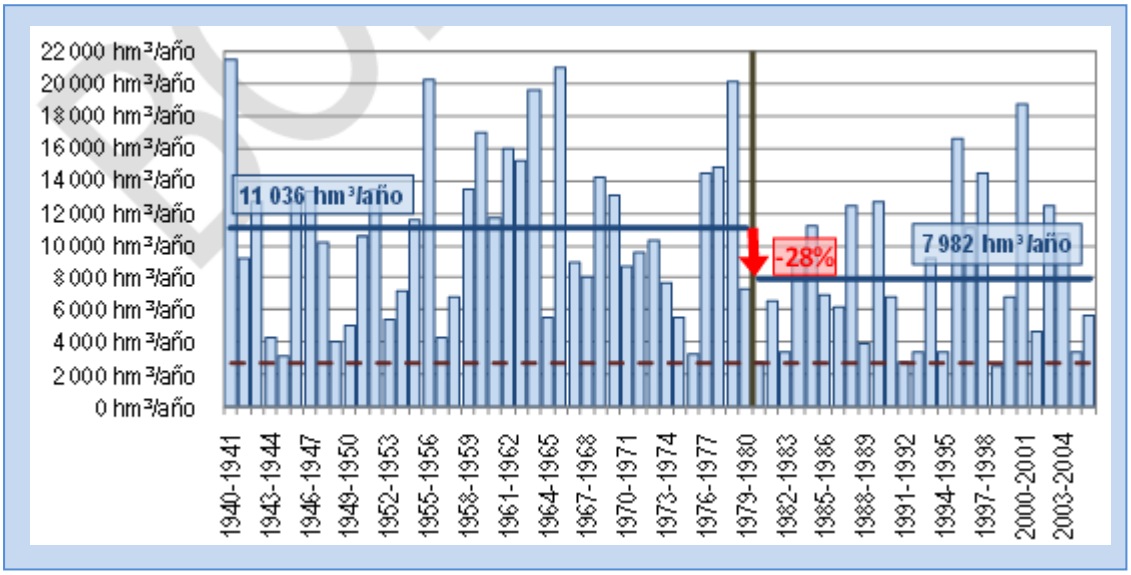
Tabla 7. Aportaciones hidrológicas según instrumento de planificación

INSTRUMENTO	SERIE (años hidrológicos)	APORTACIONES TAJO Hm^3/ año
Plan de Cuenca 1998	1940/41 a 19885/86	12.230
Libro Blanco del Agua	1940/41 a 1995/96	10.883
Plan Especial Sequia 2007	1940/41 a 2000/01	11.990
ETI 2010 Serie larga	1940/41 a 2005/06	10.210
ETI 2010 Serie corta	1980/81 a 2005/06	8273
Propuesta PH 2013	1980/81 a 2005/06	7982

Fuente: CHT 1998, 2010 y MIMAM 2000, 2007 (Basado en parte en Gallego, 2013)

En cuanto a las aportaciones naturales registradas en la frontera hispano-portuguesa, en el embalse de Cedillo (ver Figura 17), se constata una clara disminución de hasta un 28% entre los años 1980-2006, poniendo en peligro el cumplimiento del Convenio de Albufeira[25] (obligación de España de transferir un mínimo de 2.700 hm^3/año a Portugal).

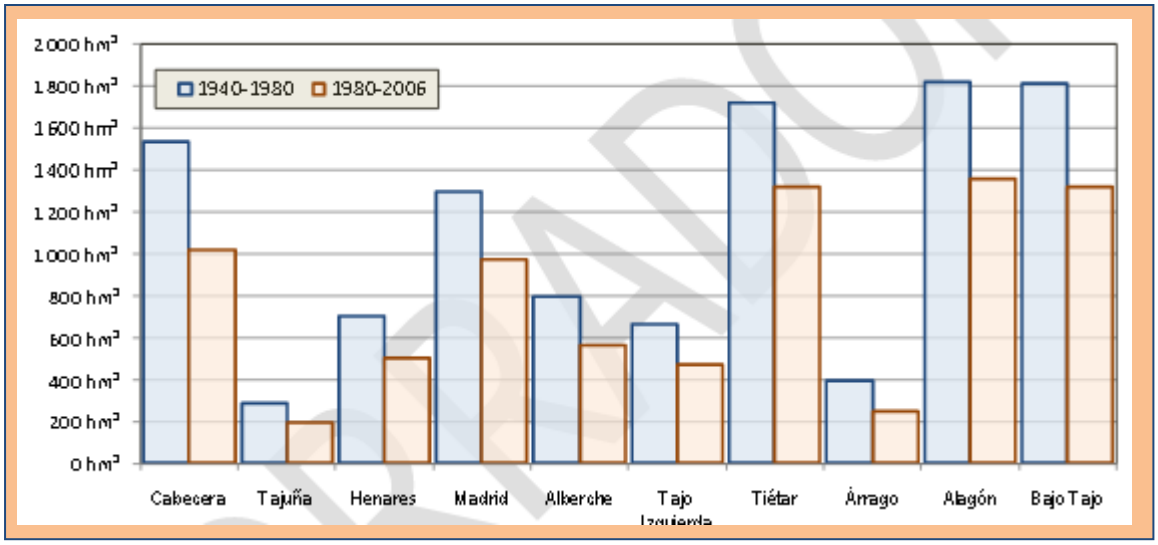
Figura 17. Aportaciones acumuladas en Cedillo en régimen natural de la parte española de la cuenca



Fuente: Borrador PH Tajo (CHT 2011b)

[25] Albuferira: Convenio hispano- luso para la protección y aprovechamiento de las cuencas hidrográficas (BOE nº 37. 12/02/2000 y BOE nº 14. 16/01/2004

Figura 18. Comparativa entre las aportaciones medias en los sistemas de explotación utilizando datos de la serie larga y de la serie corta.

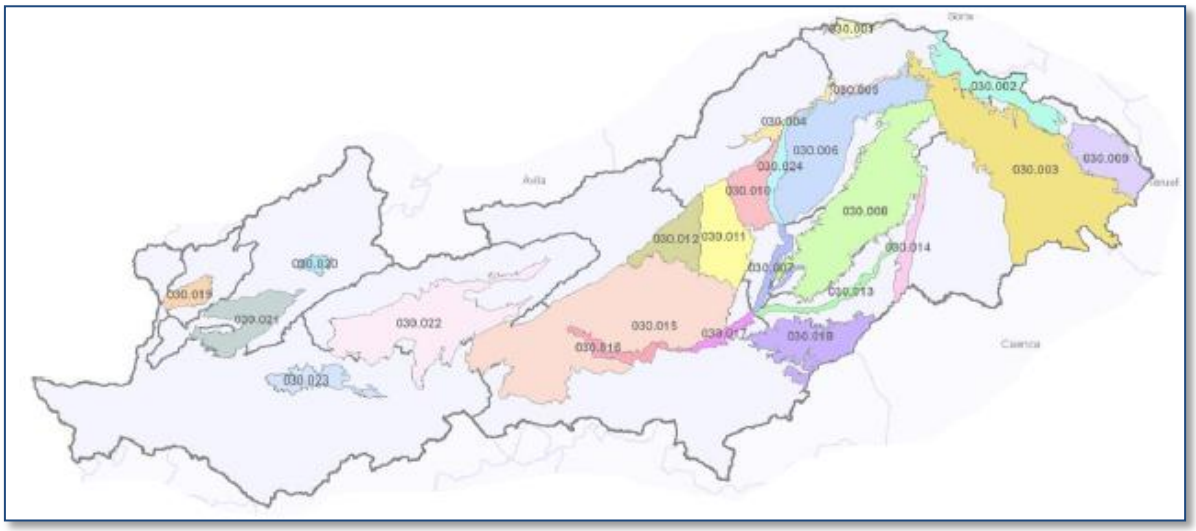


Fuente: Borrador PH Tajo (CHT 2011b)

2.3.2 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

En España para un mejor estudio y delimitación de las aguas subterráneas, éstas se caracterizaron en el Plan Hidrológico del Tajo de 1998 en 13 Unidades Hidrogeológicas, 6 de ellas de origen carbonatado y el resto de origen detrítico

Figura 19. Masas de agua subterránea



Fuente: Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo (CHT, 2014)

Con la entrada en vigor de la DMA, éstas pasaron a denominarse "masas de agua subterránea", y en la cuenca del Tajo hay 24, que se representan en la Figura 19. Los recursos disponibles de agua subterránea totalizan 1275 hm^3/año, de los que se utilizan mediante extracción directa de los acuíferos unos 237 hm^3/año. En la Demarcación del Tajo los recursos subterráneos han sido poco explotados, salvo excepciones como en el sistema de abastecimiento de Madrid, y en este caso solo en época de sequía o bien para abastecimiento de urbanizaciones o vivienda aislada. En la Tabla 8 se muestran las distintas unidades hidrogeológicas y su ubicación en el sistema de explotación correspondiente, junto a los recursos renovables con los que cuentan

Tabla 8. Distribución de los recursos hídricos subterráneos en varias unidades hidrogeológicas

Unidad Hidrogeológica	Recursos renovables (hm^3/año)	Zona	Recursos renovables (hm^3/año)
UH 01 Albarracín-Cella- Molina de Aragón	34	1 Alto Tajo	512
		2 Tajo Intermedio	31
UH 02 Tajuña-Montes Universales	482	3 Tajuña	61
		4 Henares	106
UH 03 Torrelaguna- Jadraque	6	5 Jarama-Manzanares	75
		6 Guadarrama	15
UH 04 Guadalajara	30	7 Alberche	84
UH 05 Madrid-Talavera	281	8 Margen Izquierda Intermedia	40
UH 06 La Alcarria	102		
UH 07 Entrepeñas	71	9 Tiétar	140
UH 08 Ocaña	29	10 Alagón	147
UH 09 Tiétar	190	11 Árrago	18
UH 10 Talaván	8	12 Tajo Inferior	31
UH 11 Zarza De Granadilla	3	13 Almonte	6
UH 12 Galisteo	30	14 Salor-Tajo Final	9
UH 13 Moraleja	9		
TOTAL	**1.275**		**1.275**

Fuente: Seguimiento del Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo (CHT, 2011a)

2.3.3 RECURSOS NO CONVENCIONALES: REUTILIZACIÓN

Las aguas depuradas y adecuadamente tratadas, son un recurso más a tener en cuenta, ya que se puede emplear para usos recreativos, recarga de acuíferos o en agricultura. Con el programa A.G.U.A.[26] en 2005, el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (MARM), puso en marcha entre otros proyectos, el fomento de los recursos no convencionales: desalación y reutilización. Su finalidad básica era la de incrementar la disponibilidad de los recursos hídricos en aquellas zonas con mayores déficits de este elemento. En 2010 se aprobó el Plan Nacional de Reutilización del Agua (PNRA, 2010), como una herramienta de ayuda para garantizar la disponibilidad de recursos hídricos y la mejora de la calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos.

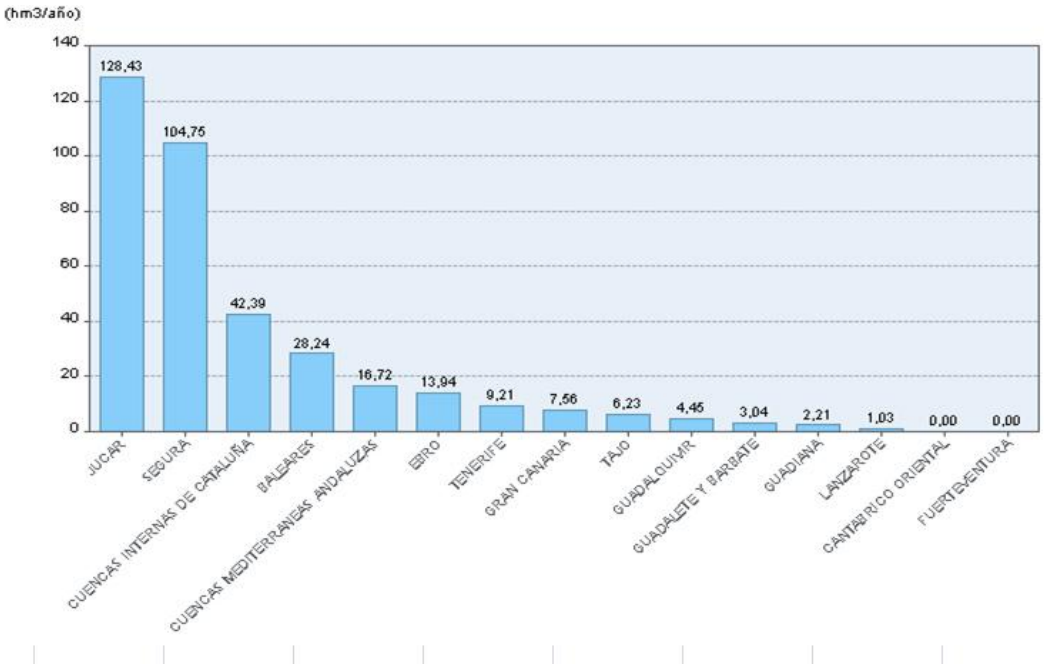
El volumen de aguas reutilizadas ha ido aumentando en España a lo largo de este siglo XXI, aunque sin llegar a las expectativas que se esperaban. Así, en el año 2000 la reutilización suponía generar recursos con un volumen de 230 hm^3/año[27], En 2006 el CEDEX contabilizaba 368 hm^3/año procedentes de aguas reutilizadas. Y en 2010 el MARM afirmaba que se reutilizaban 450 hm^3/año, lo que suponía un 13% del total de aguas depuradas a nivel nacional (3.400 hm^3).

En la Demarcación del Tajo y según datos del año 2009 (PNRA, 2010), se depuraron 684 hm^2 de los que un 96% correspondieron a Madrid. Se regeneró un caudal de 103 hm^3, a partir de los que se reutilizaron 10 hm^3, básicamente para el baldeo de calles o el riego de jardines o campos de golf en Madrid. Sin embargo, las consideraciones en el Plan Nacional de Reutilización de Aguas (MARM 2010) prevén un aumento espectacular para la cuenca del Tajo en cuanto a reutilización del agua, especialmente para el horizonte 2015-2021. Según Gallego (2012a), el motivo de este impulso desde el Gobierno central a la reutilización en la cuenca del Tajo, se basa fundamentalmente en la necesidad de aumentar volúmenes de agua en el tramo medio del Tajo y cumplir con los caudales ambientales que figuraban en el Borrador del Plan Hidrológico del Tajo de 2011[28]. Así, en el citado borrador se establecían caudales de 10,8 m^3/s; 14 m^3/s; y 15,9 m^3/s, para Aranjuez, Toledo

[26] A.G.U.A.= Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua.
[27] En el año 2.000, se depuraba en España un volumen de 2.500 hm^3/año (Olcina, Moltó, 2010).
[28] Este borrador, tras estar unas horas publicado en la página oficial de la CHT, fue retirado y algunos aspectos "controvertidos" desaparecieron o fueron cambiados en el nuevo Borrador que se publicó 2 años después.

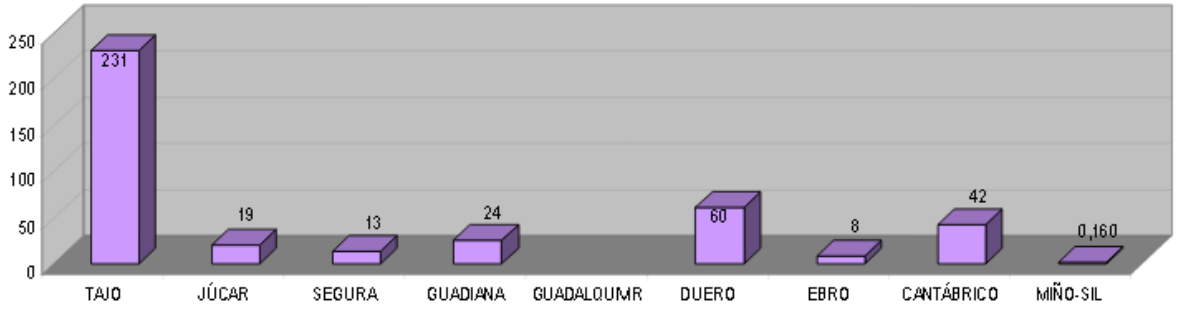
y Talavera respectivamente[29], sustancialmente superiores a los que discurren en muchas ocasiones por estos puntos y a los que finalmente se aprobaron en el Plan de Cuenca actual (CHT, 2014).

Figura 20 Volumen de agua reutilizada por cuencas hidrográficas en hm^3/año (2009)



Fuente: MAGRAMA, 2010

Figura 21 VOLUMEN EN hm^3/año A REUTILIZAR EN EL CICLO DE PLANIFICACIÓN (2015-2021)



Fuente: Plan Nacional de Reutilización de Aguas. MARM 2010

El Plan Nacional de Reutilización de Aguas propone construir una presa en las inmediaciones del Jarama donde acumular aguas residuales procedentes de la depuración

[29] El nuevo Plan de Cuenca aprobado en 2014, no habla de caudales ecológicos, sino de caudales mínimos no obligatorios, y rebaja la cifra hasta 6m^3/s, para Aranjuez y Toledo y 10 m^3/s para Talavera. Hay que tener en cuenta que antes del funcionamiento del Trasvase, Aranjuez recibía un caudal medio de 33 m^3/s

de Madrid, o bien bombear hasta el embalse de Finisterre, en la cercana cuenca del río Algodor, y de allí derivar esta agua para sustituir regadíos y garantizar los caudales ecológicos que se habían establecido en estas 3 ciudades. El nuevo Plan de Cuenca de 2014 no contempla caudales ecológicos, sino caudales "mínimos legales". En la siguiente tabla se detallan las inversiones y volúmenes que se prevén.

Tabla 9. Comparativa de la previsión de inversiones y volúmenes de agua reutilizada en el Tajo y en el resto de cuencas hidrográficas

	2015	**%**	**2015- 2021**	**%**
Reutilización Tajo (hm^3)	38	15,2	231	71
Reutilización nacional (hm^3)	249	100	397	100
Inversión Tajo (millones €)	44	13	100	33
Inversión nacional (millones €)	344	100	303	100

Fuente: Plan Nacional de Reutilización de Aguas. MARM 2010. Elaboración propia

De la interpretación de estos datos deducimos que, según el PNRA, para el horizonte 2015, las inversiones y el volumen de agua reutilizada en la cuenca del Tajo suponen un 13% gasto y un 15% del volumen nacional. Sin embargo, en el siguiente ciclo de planificación, las mayores inversiones se adjudican a la cuenca del Tajo, con planes para conseguir 231 hm^3/año procedentes de la reutilización, lo que supondría un 71% del total del resto de cuencas y un 33% del presupuesto global. El que se cumplan o no estas previsiones, está por ver.

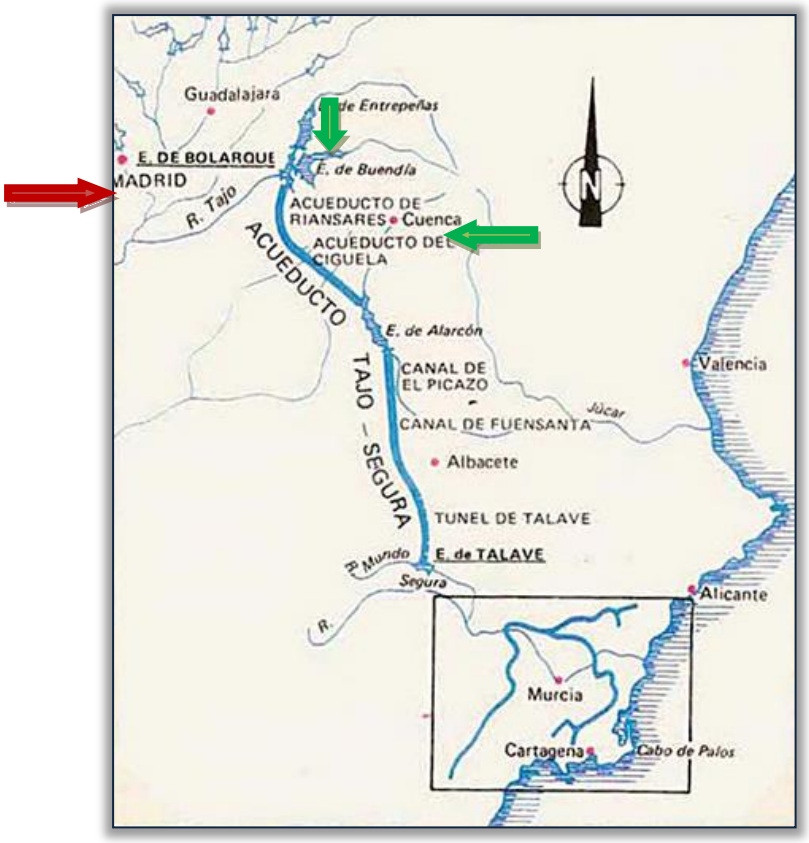
2.3.4 TRANSFERENCIAS A OTRAS CUENCAS: TRASVASE TAJO SEGURA

Aunque la planificación hidrológica oficial no tiene en cuenta esta detracción, nosotros consideramos que es fundamental considerarla, ya que condiciona enormemente la cantidad y la calidad del agua necesaria para otros usos en la propia cuenca y para el mantenimiento de la dinámica del río.

El trasvase Tajo Segura, que funciona desde 1979, asigna hasta 600 hm^3/año de aguas procedentes de la cabecera del Tajo a la cuenca del Segura y 50 hm^3/año a la del Guadiana. La regulación básica del trasvase se contiene en dos leyes: la Ley 21/1971, basada en Anteproyecto de 1967 (MOPT, 1967) y la Ley 52/1980. El volumen de agua que se envía se determina por unas reglas de explotación desde los embalses de Entrepeñas

y Buendía[30], en la Cabecera del Tajo, hasta el Levante español. Esto significa que solo el 25% de los recursos almacenados en los embalses de Cabecera circulan por la cuenca del Tajo con las consecuencias que de ellos se derivan. Tras la firma del Memorandum[31] de entendimiento (MAGRAMA, 2013), la aprobación de la Ley de Evaluación Ambiental (BOE, 2013) y la transposición de algunas de sus enmiendas al R.D. de 12 de septiembre de 2014 (BOE, 2014), se cambió el régimen jurídico de explotación de los recursos trasvasables desde la Cabecera del Tajo, otorgando mayor seguridad a la cuenca receptora, la del Segura.

Figura 22. Trazado del trasvase Tajo-Segura



Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura (CHS, 2013)

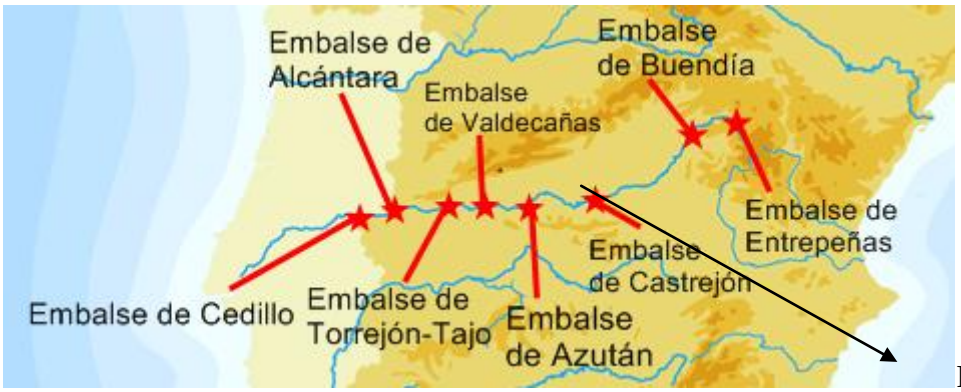
[30] Entrepeñas y Buendía tienen una capacidad conjunta de 2.573 hm^3

[31] Ver en bibliografía Acta de la reunión para el estudio de la articulación del trasvase Tajo-Segura/ Ver nota de prensa de 18/10/2013 de Red ciudadana por el Tajo y sus ríos/ Ver Informe FNCA, relativo a la modificación de las reglas de explotación del Trasvase (Gallego, La Calle, Brufao noviembre 2013)

2.3.5 CAPACIDAD DE REGULACIÓN: EMBALSES

La cuenca del Tajo cuenta con una red de 190 embalses con capacidad para almacenar 11.012 hm^2, cuyos usos pueden ser para abastecimiento, para usos hidroeléctricos o para regadío. El río Tajo es una sucesión de embalses desde su nacimiento, hasta la frontera con Portugal. En la Figura 23 se pueden ver los más importantes

Figura 23. Embalses en el río Tajo



Fuente: blospot el rio más bonito

Entrepeñas y Buendía tienen una capacidad conjunta de 2.440 hm^3 en la cabecera de la cuenca. Sin embargo, no son operativos a efectos de regulación para la propia cuenca del Tajo, pues sus caudales son derivados hacia la cuenca del Segura. La situación se agrava porque el 85% de las demandas consuntivas de la cuenca está en el inicio de ésta, en el Sistema Integrado de la Cuenca Alta, fundamentalmente debido a la presión que Madrid ejerce. Por otro lado, el bajo Tajo, que dispone de más recursos, es una sucesión de grandes presas a lo largo de 300 km, de uso exclusivo hidroeléctrico. Tiene una capacidad de embalse de 5.175 hm^3, entre Azután, Valdecañas, Torrejón, Alcántara y Cedillo, lo que representa casi el 50% de la regulación. En la siguiente Tabla se puede observar la relación entre las demandas de cada uno de los tres tramos en que hemos dividido el rio Tajo, y la capacidad que tienen de embalse.

Tabla 10. Relación entre demandas y capacidad de embalse por tramos en la cuenca del Tajo

TRAMO DE CUENCA	CAPACIDAD EMBALSE %	DEMANDAS %
Cabecera	23,3	85
Tramo medio	29,8	
Bajo Tajo	46,9	15

Elaboración propia a partir de datos del Plan Hidrológico del Tajo (CHT 2014)

2.4 DEMANDAS, USOS Y CAUDALES AMBIENTALES.

La satisfacción de las demandas en la cuenca del Tajo se lleva a cabo desde tres fuentes distintas: aguas superficiales, aguas subterráneas y transferencias exteriores (reutilización, regeneración). Los Organismos de Cuenca, en aplicación del Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE, 1985), establecen el orden de prioridades en los usos del agua que es el siguiente:

- Abastecimiento de población, incluyendo la necesaria para industrias de poco consumo y conectadas a la red municipal.
- Regadíos y usos agrarios.
- Usos industriales para producción de energía eléctrica.
- Otros usos industriales no incluidos en los apartados anteriores.
- Acuicultura.
- Usos recreativos.
- Navegación y transporte acuático.
- Otros aprovechamientos.

Los caudales ecológicos son obligatorios (CE, 2000) y no pueden ser considerados como una demanda, por lo que deberían ser detraídos de la serie de aportaciones naturales, aplicando el resultante a la satisfacción de las distintas demandas. Y solo el abastecimiento y en época de escasez será un uso preferente a los caudales ambientales[32]. Después, y en el orden citado anteriormente, se atenderá el resto de los usos. "Y tras satisfacer al 100 % todos los usos y demandas de la cuenca del Tajo sin restricción, incluido el caudal ecológico, los objetivos ambientales de la DMA y las obligaciones del Convenio de Albufeira, se podrían realizar derivaciones de agua *excedentaria* por el trasvase Tajo-Segura para abastecimiento y regadío" (Gallego, 2013, p.36)

Sin embargo, y a pesar de que la DMA establece la necesidad de un régimen de caudales ambientales para mantener la dinámica fluvial y la calidad de los ecosistemas acuáticos, en la planificación de la cuenca del Tajo, esto es una asignatura pendiente.

[32] Esto es la teoría, aunque la práctica es bien distinta, ya que no solo no se respetan caudales ambientales en muchos ríos, sino que ni siquiera se establecen.

En la cuenca del Tajo el porcentaje de la demanda para abastecimiento es mayor que en otras Demarcaciones. La mayor parte de los usos consuntivos se satisfacen con aguas superficiales, utilizándose sólo 150 hm^3 de la demanda existente con recursos subterráneos, que se destinan fundamentalmente a demanda urbana y usos agrícolas (la recarga media anual de los acuíferos es de 1.275 hm^3). En el actual Plan de Cuenca del Tajo (CHT, 2014) se refleja una evolución y una estimación de las demandas conforme a la siguiente Tabla:

Tabla 11. RESUMEN DE LAS DEMANDAS EN 2005, 2015 Y 2027

	2005		2015		2027	
	(hm³)	%	(hm³)	%	(hm³)	%
Demanda Urbana						
Domestica	550	19%	697	23%	915	28%
Industria conectada a la red	188	6%	237	8%	285	9%
Consumo institucional-municipal	49	2%	63	2%	77	2%
Total Urbana	787	27%	997	34%	1 277	38%
Sector Agrario						
Regadíos públicos	1 290	45%	1 179	39%	1 083	33%
Regadíos privados superficiales	508	18%	519	17%	519	16%
Regadíos privados subterráneos	135	5%	155	5%	178	5%
Ganadería	26	1%	24	1%	24	1%
Total Sector Agrario	1 959	68%	1 877	61%	1 804	57%
Industria no conectada a redes						
Industria toma superficial no redes	8	0%	10	0%	10	0%
Industria toma subterránea no redes	55	2%	76	2%	76	2%
Total Industrial no redes	63	2%	86	3%	86	3%
Uso consuntivo sector energía	84	3%	84	3%	84	3%
TOTAL	**2 893**		**3 044**		**3 251**	

Fuente: Plan Hidrológico del Tajo (CHT 2014)

Si analizamos los datos referidos a 2015, tenemos que:

Demanda urbana e industrial conectada a la red de abastecimiento.- Con unas previsiones crecientes para abastecer a los 1.008 municipios de toda la cuenca. Solo la Comunidad de Madrid utiliza el 77% de la dotación de toda la cuenca del Tajo para abastecimiento.

Demanda agrícola.- Se asignan 1.877 hm^3/año, que supone un 34% frente a un 86,4% a nivel nacional. Existen 1.500.000 Has dedicadas a la agricultura, 239.000 de las cuales son de regadío. Esto supone un 84% de secano y un 16% de regadío.

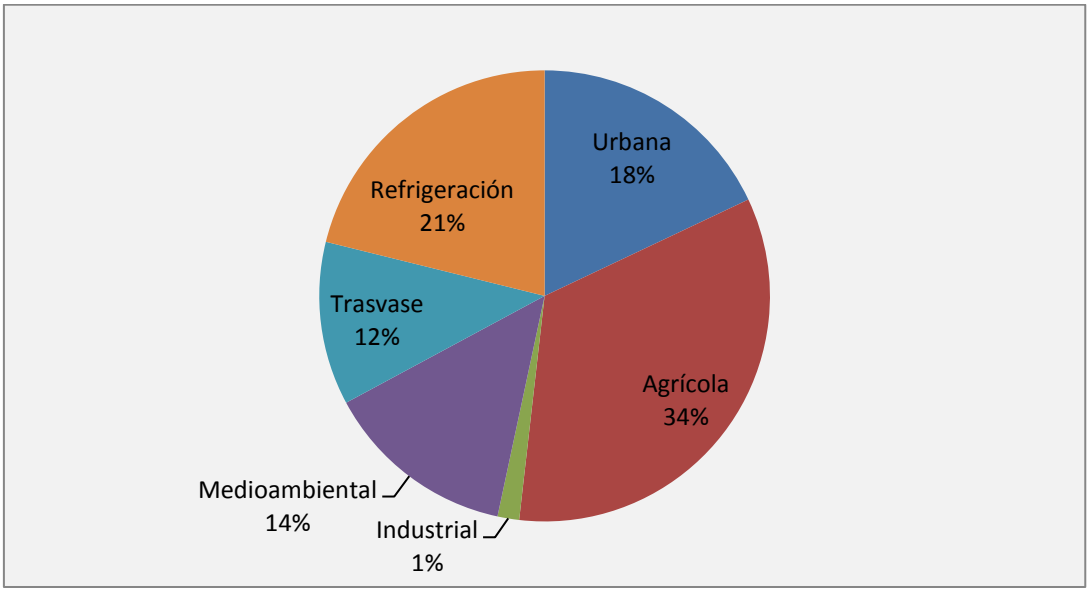
Demanda industrial no conectada a redes.- Con una dotación de 86 hm^3/año

Demanda medioambiental.- con unas necesidades teóricas de 765 hm3/año para cubrir caudales ambientales (14% de la demanda), que no se cumple normalmente.

Demanda para refrigeración de centrales térmicas y nucleares (Aceca, Trillo y Almaraz) con unas demandas de 1.173 hm3/año para refrigeración (21%).

Demanda no consuntiva para centrales hidroeléctricas.- Existen en la cuenca 203 centrales y una capacidad de regulación de 11.012 hm^3, la mayor parte en su tramo final extremeño (5.145 hm^3).

Figura 24. Distribución de los usos del agua en la Demarcación del Tajo.



Fuente: Plan Hidrológico Tajo (CHT, 2014). Elaboración propia.

El volumen total, si se tiene en cuenta todos los usos, es de 5.548 hm^3/año. Además, si se comparan las previsiones de las demandas, se observa que entre los años 2005 y 2027, se aprecia un aumento de los usos para abastecimiento e industrial. Se observa asimismo, una leve disminución de la demanda agraria, basada según el Organismo de Cuenca en una progresiva modernización del regadío (véase Anexo 6 de la Memoria, Asignación de Reservas y Recursos). "La situación actual del regadío en esta demarcación está totalmente condicionada por la disponibilidad de los recursos hídricos, el previsible aumento de las demandas para otros usos y la prioridad de los abastecimientos urbanos y los caudales medioambientales" (CHT ,2007).

2.4.1 DEMANDAS Y USOS EN EL SISTEMA INTEGRADO DE LA CUENCA ALTA DEL TAJO

El Plan Hidrológico del Tajo 2006-2015 (CHT, 2014) establece para los sistemas de explotación del SICA, en donde está integrado el sistema Jarama-Guadarrama, y otros adyacentes que abastecen a la Comunidad de Madrid, las siguientes demandas:

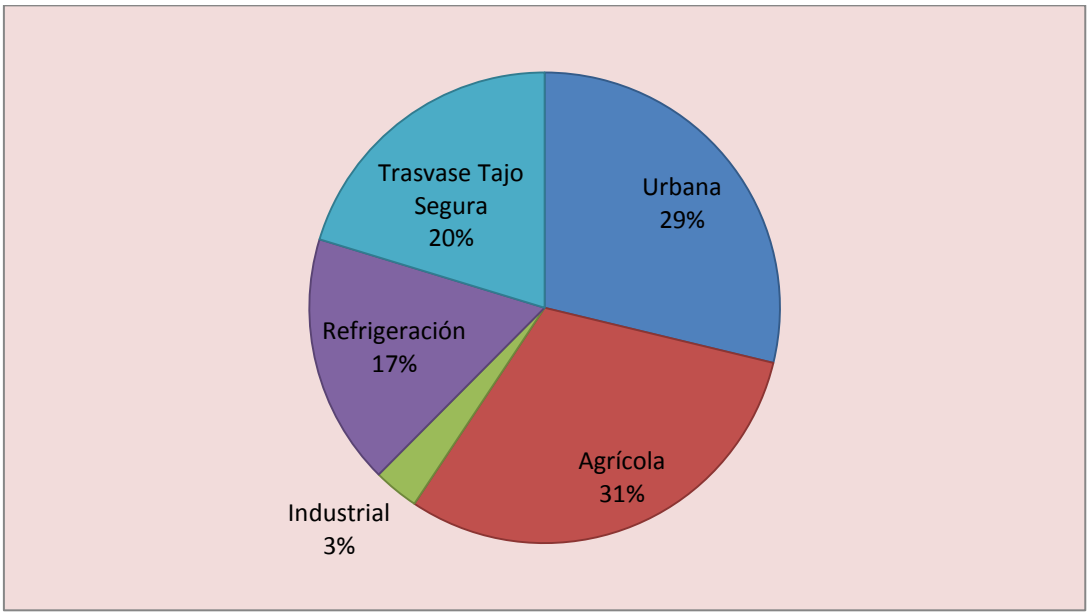
Tabla 12: Demandas en los Sistemas de la Cuenca Alta del Tajo

SISTEMAS	URBANA	AGRÍCOLA	INDUSTRIAL	TOTAL
Cabecera	33	182	45	261
Tajuña	9	46	4,5	60,5
Henares	67	117	10	196
Jarama-Guadarrama	738	228	20	987
Alberche	36	115	1	153
Tajo izquierda	38	291	20	349

Fuente: *Elaboración propia a partir de datos del anexo 6 del PH Tajo (CHT, 2014)*

Es de destacar que el abastecimiento a la Comunidad de Madrid implica el consumo del 80% de las asignaciones para demanda urbana de todo el SICA. Además de estas demandas en la cuenca alta del Tajo, hay que tener en cuenta la utilización de 552 hm^3 necesarios para la refrigeración de la central térmica de Aceca (Tajo izquierdo) y los 650 hm^3 que pueden derivarse por el trasvase Tajo-Segura desde el sistema de Cabecera.

Figura 25. Distribución de los usos en el Sistema de la Cuenca Alta del Tajo



Fuente: Anexo 6, Demandas del Plan Hidrológico Tajo (CHT, 2014). Elaboración propia

En cuanto a los retornos, la CHT establece un 80% para los abastecimientos, un 15-20% para los regadíos y entre un 45-90% en los usos de refrigeración. El trasvase no tiene ningún retorno a la cuenca.

Respecto a las demandas ambientales, el actual Plan de cuenca se remite a los datos del anterior Plan de 1998. Así, se definen en el SICA nueve tramos aguas debajo de algunos embalses, con la obligación de mantener un caudal medio correspondiente a un volumen mensual equivalente al 50% de la aportación mensual media de los meses de verano. Algo que no se aplica en la realidad.

2.5 ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA

El Reglamento de Planificación Hidrológica (BOE, 2007), en su artículo 3 establece la definición de "masa de agua superficial" como una parte diferenciada y significativa de un río, lago, embalse, canal, aguas de transición o un tramo de aguas costeras. En el caso de un acuífero, la definición de "masa de agua subterránea" podría ser la de un volumen claramente diferenciado de un acuífero o acuíferos. En función de su constitución, las masas de agua se clasifican en naturales, artificiales y muy modificadas. Se agrupan atendiendo a ciertas características homogéneas (tipo de sustrato, condiciones bioclimáticas o mineralización), en 10 ecotipos. Y por último, según su estado o potencial ecológico, se evalúa aplicando distintos indicadores, y en función de unas condiciones de referencia, obtenemos una catalogación de Muy Bueno, Bueno, Moderado, Deficiente y Malo para cada una de las masas de agua.

En la Demarcación española del Tajo se han definido 183 masas naturales superficiales tipo "río" y una tipo "lago"; 49 masas de aguas artificiales; 85 masas de aguas muy modificadas; y 24 masas de agua subterránea.

Según los datos que figuran en el último Plan de cuenca del Tajo aprobado, el 42% de las masas de agua superficial no alcanza el buen estado o potencial ecológico. Según la información aportada en la Tabla 13 sobre la situación de las masas de agua superficiales, observamos que casi la mitad de los ríos están en un estado "peor que bueno" o "sin evaluar". Respecto a las masas de agua subterránea, éstas son 24 en la cuenca del Tajo y ocupan una extensión de 21.900 km^2, lo que equivale a un 40% de la superficie de la Cuenca. Según datos de 2007-2008, su estado cuantitativo es bueno, aunque el 25 % de ellas presenta problemas de calidad, básicamente por contaminación de nitratos derivados

de la agricultura. Los mayores problemas se dan en los sistemas de Madrid y Tajo Medio, hasta el pantano de Azután, que son las zonas sometidas a mayores presiones e impactos.

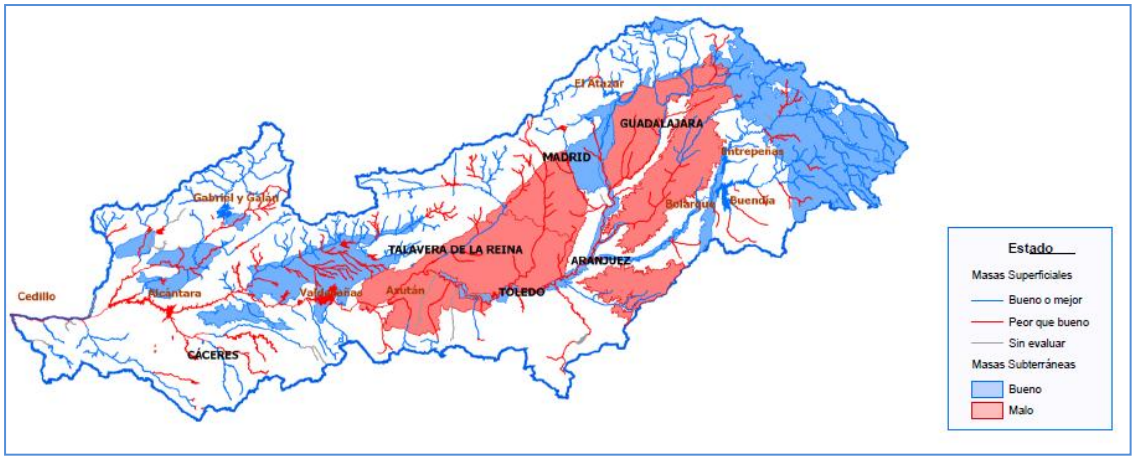
Tabla 13. Estado de las masas de agua

MASAS DE AGUA SUPERFICIAL								
Estado	Ríos		Lagos		Embalses		Total	
Bueno o mejor	137	54%	6	86%	27	40%	170	52%
Peor que bueno	99	40%	0	0%	37	56%	136	42%
Sin evaluar	14	6%	1	14%	3	4%	18	6%
Total	250	100%	7	100%	67	100%	324	100%

MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA		
Estado cuantitativo		
Estado FINAL		
Bueno	18	75%
Malo	6	25%
Total	24	100%

Fuente: Memoria Síntesis del PH Tajo (CHT 2013c)

Figura 26 Ubicación del estado de las masas de aguas superficiales y subterráneas



Fuente: Propuesta de Plan Hidrológico. Hoja 14 (CHT 2013)

Tanto el Plan Nacional de Calidad de Aguas, como el Plan Hidrológico del Tajo, determinan medidas que debe llevarse a cabo para cumplir con los objetivos de buen estado ecológico, necesarios para alcanzar el buen funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y de las funciones que nos proporcionan Sin embargo, el establecimiento de prórrogas y exenciones dificulta la consecución a corto plazo de dichos objetivos de calidad. Asimismo, la DMA establece un calendario con actuaciones cuyo objetivo es la recuperación y el buen estado de las masas de agua en 2015, salvo excepciones en las que

se prorroga dicha consecución y se adoptan objetivos menos rigurosos (como ocurre en la mayor parte de los ríos de la Comunidad de Madrid).

2.6 PRINCIPALES PRESIONES E IMPACTOS EN LA CUENCA DEL TAJO

Las principales que soporta la cuenca del Tajo, presiones como se viene diciendo en los apartados anteriores, son dos:

Una viene determinada por la ubicación de Madrid y su zona de influencia (6,5 millones de habitantes) en el inicio de la Cuenca, lo que condiciona totalmente la planificación del resto de la Demarcación, especialmente hasta Talavera de la Reina. La inexistencia de caudales y los vertidos del área metropolitana de Madrid con unos ríos poco caudalosos, provocan un fuerte impacto de la calidad de las aguas.

La otra, es la detracción de caudales desde la cabecera del Tajo con destino a otras cuencas externas, a través de la infraestructura del trasvase Tajo Segura. Esto, unido a la disminución generalizada de las precipitaciones, más acusada en la Cabecera, origina que desde la presa de Bolarque[33] hasta Aranjuez, el caudal que circula por el Tajo sea mínimo, provocando un agravamiento de los problemas de contaminación por falta de dilución y un gran deterioro de cauces y riberas, especialmente a partir de la desembocadura del Jarama en el Tajo. Todo ello condiciona la grave situación del río hasta Azután, con incumplimientos de la Directivas Comunitarias (Hábitat y Aves), afecciones a la Red Natura 2000 e inexistencia absoluta de caudales circulando. Asimismo, esta mala calidad del Eje del Tajo origina problemas de eutrofización en la cadena de embalses situados aguas abajo de Talavera de la Reina.

Según Gallego y Sánchez (2006, p.37), "la cuenca del Tajo se ha visto sometida en las últimas décadas a importantes demandas, teniendo como destino cinco grandes usos,: abastecimiento de agua potable a más de diez millones de habitantes; las dotaciones de regadío de la propia cuenca; la derivación del Trasvase Tajo-Segura, que actualmente apoya el abastecimiento de agua potable de un millón y medio de personas, así como el riego de 140.000 hectáreas en la cuenca del Segura; la producción de energía

[33] El sistema de Entrepeñas y Buendía, tiene una tercera presa de regulación, que es Bolarque, a partir de la que parten las infraestructuras del Trasvase Tajo-Segura.

hidroeléctrica; y la refrigeración de la central térmica de Aceca (Toledo), junto a las centrales nucleares de Trillo (Guadalajara) y Almaraz (Cáceres)"

El Tajo se recupera a partir de la desembocadura del río Tiétar que recibe las aportaciones de las gargantas meridionales de Gredos. Sin embargo, la dinámica y la morfología fluvial se hallan completamente modificadas por la regulación en los últimos 300 km de la Demarcación, en el Tajo extremeño, de una cadena de embalses interconectados y con el 46% de la capacidad de almacenamiento, para uso exclusivo hidroeléctrico. A modo de resumen se muestran en el siguiente mapa las principales presiones e impactos de la cuenca, en donde como se puede observar, el abastecimiento de Madrid es una presión importante, no sólo por el volumen de recursos que necesita y consume, sino también por la afección que sus vertidos provocan incluso aguas abajo de su territorio.

Figura 27. Principales presiones en la cuenca del Tajo

Fuente: *Propuesta de Plan Hidrológico de Cuenca. Hoja 17 (CHT 2013b)*

Figura 28. Infraestructuras del trasvase Tajo-Segura

Fuente: AGENCIA EFE

Capítulo 3 EL ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

En el capítulo anterior se ha intentado mostrar los aspectos más importantes de la cuenca del Tajo y que sirviera para contextualizar el territorio madrileño dentro de esa Demarcación Hidrográfica. De este modo, se ha intentado transmitir la interdependencia que existe entre los distintos subsistemas hidrológicos, ya que comparten aspectos orográficos, litológicos, biogeográficos, climatológicos o demográficos y que conforman así, una única unidad de Cuenca. Es por esto que, la planificación hidrológica y territorial debe ser conjunta y el diagnóstico de los problemas ha de pasar por un estudio global, para focalizar a continuación en lo local.

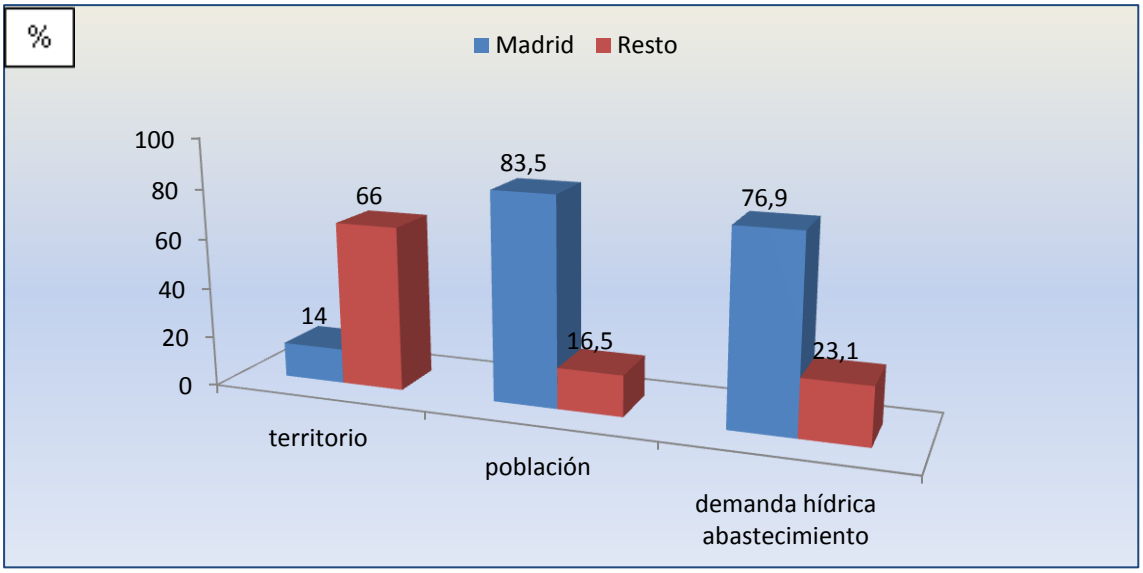
Este tercer capítulo se centra por tanto, en todos los factores que intervienen en el abastecimiento de la Comunidad de Madrid. Para ello, primero se caracteriza el medio físico, el socioeconómico y la distribución demográfica. A continuación se valoran los recursos hídricos disponibles, la asignación de usos y demandas y la proporción y distribución de los consumos por sectores. Después se describen las infraestructuras destinadas al suministro del agua, el tratamiento de los vertidos y la gestión que se lleva a cabo, para finalizar señalando las principales afecciones derivadas de la gestión que se hace del abastecimiento y del saneamiento en un espacio tan densamente poblado.

3.1 CONTEXTO TERRITORIAL

La Comunidad Autónoma de Madrid (CAM) se halla en el centro peninsular y se integra como ya se ha dicho, en el Sistema de la Cuenca Alta del Tajo. Tiene una extensión de 8.028 km^2, lo que constituye un 1,59% del territorio nacional y un 14,3% de la superficie de la Demarcación española del Tajo. Desde el punto de vista administrativo se constituyó como Comunidad Autónoma uniprovincial en 1983 y limita al norte y oeste con Castilla y León (provincias de Segovia y Ávila) y al este y el sur con Castilla la Mancha (provincias de Toledo, Cuenca y Guadalajara). Tiene una población de 6.448.272 habitantes[34] (INE 2013) que representa el 83,5% del total de la cuenca del Tajo y la mayor densidad de población en España, con 809 habitantes/km^2 (1). Asimismo, consume el 77% de los recursos hídricos para abastecimiento de toda la Cuenca.

[34] A esta población oficial habría que sumarle la inmigración ilegal, además de la población flotante derivada del turismo o de otros temas como los laborales.

Figura 29. Relación entre superficie, demanda de recursos hídricos y población de la CAM y del resto del territorio de la cuenca del Tajo en %



Fuente INE. Elaboración propia

Desde el punto de vista orográfico, presenta 3 grandes zonas escalonadas de norte a sur: La Sierra, la zona de transición, llamada Rampa o Piedemonte y las llanuras del Tajo o Depresión Terciaria. La máxima altitud se sitúa en Peñalara, en la Sierra de Guadarrama, con 2.428 metros sobre el nivel del mar, y la zona con menor altitud se halla en el río Alberche, con 430 metros.

- **La Sierra.**- Es una unidad de relieve dentro del Sistema Central, que comprende los tramos de este a oeste de Somosierra, Guadarrama y Gredos. Los materiales litológicos son básicamente cuarcitas y pizarras al este; y granitos y gneis en el resto. Es la cabecera de los ríos de los que Madrid se abastece, entre ellos, el Lozoya, Guadarrama, Aulencia, Manzanares, Guadalix y Jarama; El Henares y el Tajuña, dos afluentes también importantes, nacen y discurren la mayor parte de su recorrido por la provincia de Guadalajara; El Alberche, nace y desemboca en Ávila y Toledo respectivamente, y recorre un pequeño tramo del suroeste madrileño.

- **La Rampa.-** Es una franja paralela al trazado de la Sierra, y es una zona de transición entre ésta y la Depresión Terciaria del Tajo, en la que abundan las "rañas", o materiales detríticos derivados de la erosión de los macizos montañosos, como arenas silíceas y arcillas

- **La Depresión del Tajo**.- Es la zona al sur de la Rampa y la que mayor superficie ocupa en la Comunidad de Madrid. En ella se diferencian tres subdivisiones: los *páramos*,

constituidos por estratos que presentan calizas, arcillas, materiales detríticos y yesos; las *campiñas*, formadas por arenas, margas arenosas y yesíferas y arcillas; y las *vegas*, que son los terrenos cuaternarios formados por depósitos fluviales como arenas, gravas y limos.

En tanto en cuanto la litología condiciona la red hidrográfica, destacaremos que existen afloramientos de calizas cretácicas en algunos puntos de la mitad norte del territorio, como Rascafría (valle del Lozoya), Guadalix, El Molar (cuenca del río Guadalix) y Patones y Torrelaguna (cuenca del río Jarama).

El clima es mediterráneo continental, cuyos rasgos más destacados son la estacionalidad de las temperaturas, la sequía estival y la irregularidad de las precipitaciones. A nivel local, los parámetros climáticos tienen grandes contrastes: precipitación anual media entre 400 y 1.800 mm y temperaturas medias entre 7º C y 15º C, disminuyendo de norte a sur el gradiente pluviométrico y aumentando el gradiente de temperatura.

3.1.1 LA RED HIDROGRÁFICA

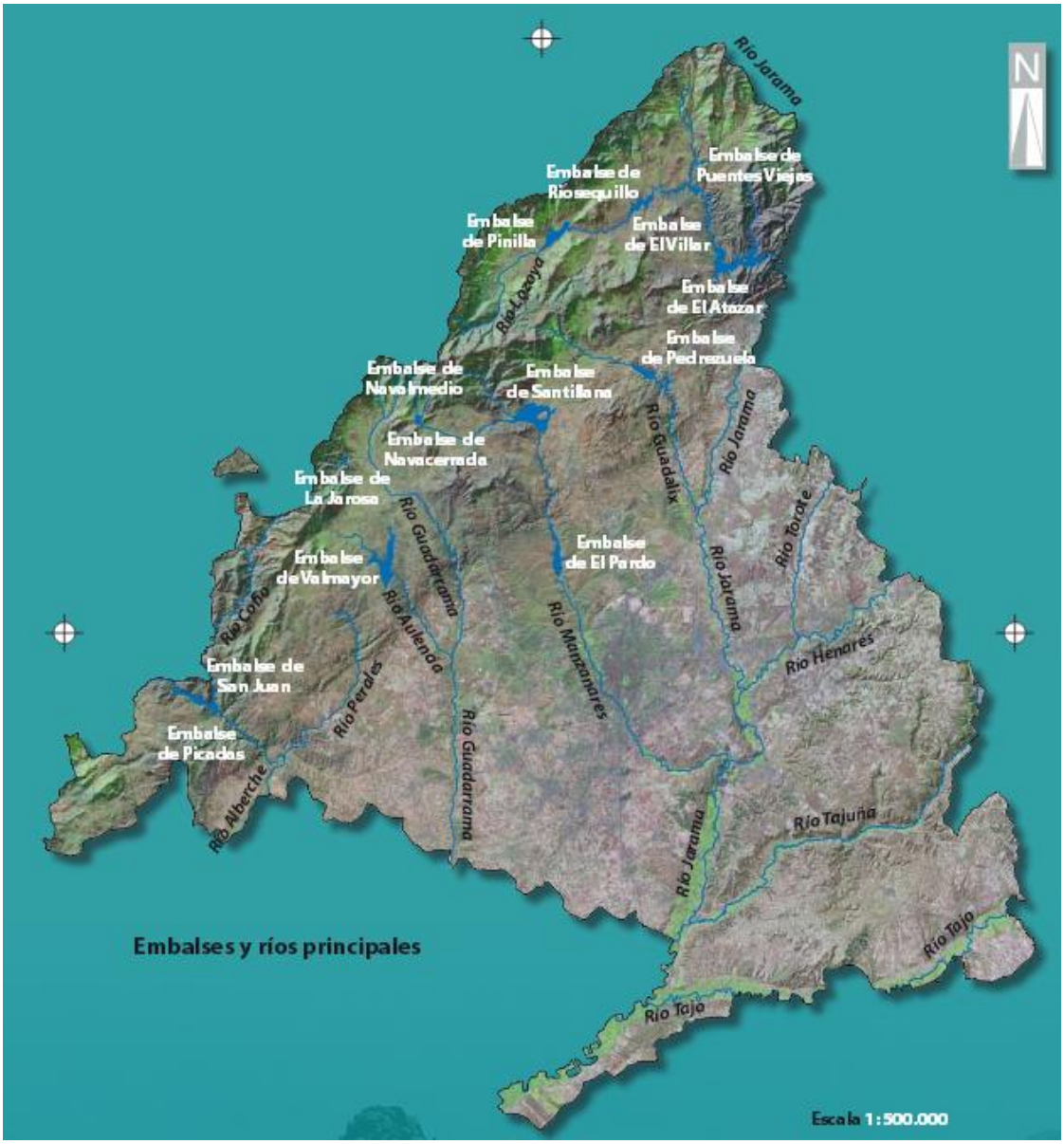
La red hidrográfica de Madrid, discurre básicamente de norte a sur, con ríos regulados desde la cabecera a través de una red de embalses cuya función es garantizar el abastecimiento a la mayor aglomeración urbana de España. En general no son ríos largos o caudalosos y como consecuencia de la gran presión demográfica que soportan, están sobreexplotados. Son todos afluentes del curso derecho del Tajo y el más importante tanto por su caudal, como por la extensión de su cuenca, es el Jarama, que es el "colector" de casi todas las aguas residuales que se generan en Madrid, hasta desembocar en el río Tajo, al sur de Madrid. Todos nacen en el Sistema Central, por lo que tienen una alimentación nivopluvial muy marcada, a la vez que participan de las características de los ríos mediterráneos con un fuerte estiaje en verano y máximo principal en primavera y secundario en otoño. Los sistemas fluviales dentro del territorio de la Comunidad de Madrid o adyacentes son los siguientes:

- Sistema Jarama-Manzanares
- Sistema Guadarrama
- Sistema Alberche
- Sistema Henares
- Sistema Tajuña

- Sistema Tajo Intermedio

El sistema Jarama-Guadarrama agrupa además de los dos ríos que le dan el nombre, a los ríos Lozoya, Manzanares, Aulencia y Guadalix.

Figura 30 Red fluvial de la Comunidad de Madrid



Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM

3.1.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS

En cuanto a las aguas subterráneas de la Comunidad de Madrid, éstas suponen un porcentaje pequeño de los recursos hídricos totales del territorio, de los que por las características de los acuíferos, no es aconsejable llevar a cabo explotaciones permanentes

concentradas en áreas reducidas. No existen acuíferos de gran entidad, salvo el Detrítico Terciario, y éste posee una capacidad de recarga muy lenta. La importancia de las aguas subterráneas en Madrid, se basa sobre todo en pueden ser en épocas de escasez hídrica, una reserva estratégica. El Plan Hidrológico de 1998 las reagrupó en Unidades Hidrogeológicas (UH) y dentro la Comunidad de Madrid están: UH-03 Torrelaguna-Jadraque, UH-04 Guadalajara, UH-05 Madrid-Talavera y UH-06 La Alcarria. Además de estas UH, se encuentran acuíferos dispersos, que se consideran improductivos por tratarse de litologías impermeables, de poca capacidad y muy superficiales, pero que pueden resolver problemas de abastecimiento a nivel local. Esta tipología se reúne bajo la denominación de "99". En cumplimiento de la DMA, a partir de las U.H. se definieron en Madrid, 11 masas de agua subterránea (MAsub) que son las siguientes:

Tabla 14. Masas de agua subterránea y relación con el acuífero

Código Confederación del Tajo	Masa	Nombre	Acuífero
030.004	30625	Torrelaguna	Carbonatado Mesozoico
030.006	30637	Guadalajara	Detrítico Terciario
030.007	30639	Aluvial 3 Jarama-Tajuña	Aluvial Cuaternario
030.008	30623	La Alcarria	Carbonatado Terciario
030.010	30627	Madrid: Manzanares- Jarama	Detrítico Terciario
030.011	30630	Madrid: Guadarrama-Manzanares	Detrítico Terciario
030.012	30631	Madrid: Aldea del Fresno-Guadarrama	Detrítico Terciario
030.013	30624	Aluvial 1 del Tajo: Zorita de los Canes-Aranjuez	Aluvial Cuaternario
030.015	30629	Talavera	Detrítico Terciario
030.017	30622	Aluvial 4 del Tajo: Aranjuez-Toledo	Aluvial Cuaternario
030.024	30638	Aluvial 2 Jarama: Guadalajara-Madrid	Aluvial Cuaternario

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM

La litología, la disposición y la tipología de los acuíferos, condicionan la disponibilidad de recursos hídricos de origen subterráneo. A modo de resumen, destacamos las características más importantes de los distintos tipos de acuíferos presentes en la Comunidad de Madrid. Tal y como aparecen en la figura anterior, éstos son:

-*Carbonatado Mesozoico*.- De permeabilidad alta-media, se comporta como acuífero libre o confinado. Su extensión es de 75 km^2 y el espesor de varios cientos de metros. Su capacidad de recarga es de 25 hm^3/año. La calidad del agua es aceptable y es muy vulnerable a la contaminación bacteriológica por su nula capacidad filtrante. Se usa a nivel

local a través de pequeños pozos. Según el Canal de Isabel II (CYII, 2006), en Torrelaguna hay 8 captaciones capaces de suministrar entre 5 y 12 hm^3/año.

-*Carbonatado Terciario*.- Acuífero heterogéneo, compartimentado y colgado, con una extensión de 600 km^2 y un espesor entre 20-50 metros, ocupando los páramos de Chinchón (150 $km^{2)}$ y Santos de la Humosa- Campo Real (450 km^2). Se recarga por infiltración (unos 50 hm3) y se descarga a través de manantiales, cuyo colector es el río Tajuña. La calidad del agua es aceptable y es vulnerable a la contaminación. Atiende pequeñas demandas locales en Chinchón, Colmenar de Oreja, Campo Real, etc y el grado de explotación puede ser de unos 15 hm^3

-*Detrítico Terciario*[35].- Es el acuífero más importante de Madrid y el de mayor extensión, con 2.650 km^2 de superficie y un espesor entre 100 y 3.000 metros. Puede almacenar 10.000 hm^3 o incluso más y su recarga anual es de 200 hm^3 (Fornés, 2004). El origen de la recarga es la infiltración a partir del agua de lluvia, que en Madrid es de unos 430 mm/año. Su funcionamiento es complejo debido entre otras cosas, a la disposición aleatoria de las distintas litologías que lo conforman; por eso, y aunque puede llegar a aportar unos 80 hm3/ año a los sistemas generales de Madrid, la capacidad de recarga es muy lenta. Por tanto, no es recomendable su explotación constante e ilimitada y se le considera como reserva estratégica. Aún así, una parte se usa para atender la demanda urbana, industrial y de riegos de urbanizaciones, a través de una red de "campos de pozos". El CYII tiene en este acuífero más de 100 pozos capaces de aportar en años secos unos 80 hm^3 (Villarroya, 2006). La calidad de su agua es buena y el riesgo de contaminación es bajo por la poca permeabilidad de sus estratos; no obstante, una vez contaminado es muy difícil de subsanar y las sustancias tóxicas pueden tardar en aparecer hasta 20 años. Por ello, la CHT ha establecido un perímetro de protección a lo largo de todo el afloramiento del acuífero. Ejemplo de poblaciones sobre este acuífero son Majadahonda, Alcobendas, Las Rozas, Torrelodones, etc.

-*Aluvial Cuaternario*.- Se extiende a lo largo de 1.350 km2 y son acuíferos conectados con los ríos sobre los que descargan, con un nivel freático alto y un espesor entre 10-40 metros. Se recargan a través de los retornos de las aguas de riego y se usan en explotaciones agropecuarias, sobre todo las huertas de aguas debajo de Madrid capital, en

[35] El acuífero Detrítico Terciario tiene una superficie total de 9.700 km^2 que se distribuyen a lo largo de las provincias de Madrid, Toledo y Cáceres

las vegas del Jarama y el Tajuña y en el abastecimiento de alguna vivienda aislada. La calidad de sus aguas es variable y son muy sensibles a la contaminación por su poco espesor, su cercanía a la superficie y su elevada permeabilidad. En la actualidad no hay ninguna población que se abastezca de este acuífero, por su elevada concentración de nitratos y porque todos los municipios afectados por este acuífero están conectados a la red de abastecimiento del CYII. Su capacidad de recarga se estima en 150 hm^3/año y los bombeos en 75 hm^3.

. Las tres masas de agua subterránea procedentes del acuífero Detrítico Terciario en Madrid (Manzanares-Jarama; Guadarrama-Manzanares; y Aldea del Fresno-Guadarrama), están catalogadas en el PH Tajo de 2014 como zonas de especial protección por estar destinadas como uso preferencial a la captación de agua para consumo humano.

Aunque en la CAM las aportaciones derivadas de las aguas subterráneas, no tienen el peso que puedan tener en otras regiones, su importancia es fundamental por la interrelación que existe con las aguas superficiales y los espacios protegidos, y sobre todo, como reserva estratégica en época de escasez y sequía.

3.1.3. ESPACIOS PROTEGIDOS

El medio natural y la vegetación en la Comunidad de Madrid se encuentran muy alterados por la deforestación y la sobreexplotación a la que han sido sometidos desde hace siglos. La vegetación autóctona mediterránea de encina y alcornoque, prácticamente ha desaparecido, mientras que en el piso de vegetación perteneciente al roble y al fresno, ha sido sustituido por repoblaciones de pino. Los desarrollos urbanísticos construidos en espacios de alto valor ecológico en los últimos 40 años, han sido en gran medida los responsables de la degradación ambiental que ha sufrido Madrid. Ello a pesar de que tras la declaración como Comunidad Autónoma en 1983, el gobierno regional legisló para delimitar y proteger aquellas zonas de la Comunidad que presentasen valores ambientales susceptibles de conservar y/o recuperar. Se creó la Red de Espacios protegidos, que engloba a Parques Regionales y Naturales y otras figuras de protección, para contrarrestar la fuerte presión poblacional y el desmesurado crecimiento urbano que han ocasionado afecciones a los ecosistemas terrestres y acuáticos, además de la merma de los recursos naturales. Asimismo, se interconectaron espacios naturales a través de las cuencas fluviales de los ríos de Madrid, para que funcionasen como corredores ecológicos, como por

ejemplo en el Parque Regional de la Cuenca Alta del río Manzanares, en el de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama (Sureste) o en el Parque Regional del curso medio del río Guadarrama y su entorno. En los años 90 del pasado siglo, se delimitaron espacios protegidos bajo la normativa comunitaria (Zonas Especial Conservación Aves, ZEPA y Lugares de Interés Comunitario, LIC, que conformarían la actual Red Natura 2000)

El gobierno de la Comunidad de Madrid gestiona 10 Espacios Naturales Protegidos bajo diversas categorías, que ocupan más del 15% de su territorio. Además, desde 1991 decidió proteger 14 embalses y 23 humedales por sus funciones como reservas estratégicas de agua en lo que respecta al abastecimiento a la población y por sus valores ambientales y paisajísticos. La antigüedad de algunos embalses de la Sierra de Madrid ha conformado parajes de elevada biodiversidad, que ha obligado a las autoridades regionales competentes a catalogarlos también bajo distintas figuras de protección. Existen además, humedales, azudes, sotos, riberas y cuencas con reconocidos valores ambientales. Las actuaciones en todos estos espacios están contempladas en la *Ley 7/1990*, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas y el *Decreto 265/2001*, de 29 de noviembre, por el que se regula la actuación en humedales protegidos

A nivel nacional existe un Parque Nacional, el de Guadarrama. A nivel comunitario, la Red Natura 2000 está representada en un 39% del territorio de la CAM, que incluye 1 Zona Especial Conservación (ZEC); 7 Lugares de Interés Comunitario (LIC) que representan el 40% del territorio; y 7 Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA) con un 23% del territorio.

En cuanto a la custodia internacional, las lagunas del macizo de Peñalara están bajo la protección del Convenio sobre Humedales RAMSAR.

Prácticamente todos estos espacios protegidos, están ligados a cursos de agua, de ahí la importancia de mantener los cursos fluviales, con regímenes de caudales adecuados y garantizando la calidad hidromorfológica, aunque en la práctica no se lleve a cabo. Es importante por tanto, compatibilizar la protección de ríos, acuíferos, humedales y ecosistemas asociados a ellos, con los usos y demandas de la población. A continuación se ofrece el número de espacios protegidos en cada una de las distintas cuencas hidrográficas de los ríos madrileños:

Tabla 15 Espacios fluviales protegidos de la CAM

ESPACIOS PROTEGIDOS POR LA LEGISLACIÓN DENTRO DE ESPACIOS FLUVIALES DE LA COMUNIDAD DE MADRID							
Cuencas hidrográficas	ZEPA	LIC	ZEC	Parque Nacional	Otras figura	Embalses	Humedales
Alberche	X	X			F	X,X	
Guadarrama		X		X	R,P	X,X	
Lozoya	X	X		X	N,B	X,X,X,X,X	X
Guadalix		X				X	
Manzanares	X,X,	X			R,B	X,X,X	
Jarama	X,X,X,	X,X	X		R,I,B		X,X,X,X,X
Tajuña		X					X
Henares	X	X,X	X		S		X
Tajo	X	X			N		X,X

Fuente: CAM (2014) Red de espacios protegidos. Elaboración propia

Leyenda: R=Parque Regional; P=Paraje pintoresco; N=Parque Natural; I=Sitio interés nacional; S= protección sotos; F= protección fauna; B=Reserva de la biosfera

Tabla 16. Espacios dentro de la Red Natura (LIC, ZEPA)

ZONAS DE ESPECIAL PROTECCIÓN AVES (ZEPA)	
Monte de El Pardo	15.289
Soto de Viñuelas	2.977
Encinares de los ríos Alberche y Cofio	83.089
Alto Lozoya	7.855
Carrizales y Sotos de Aranjuez	14.950
Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares	33.230
Cortados y cantiles de los ríos Jarama y Manzanares	28.007

LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)
Cuencas de los ríos Jarama y Henares
Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte
Cuenca del río Guadalix
Cuenca del río Manzanares
Cuenca del río Guadarrama
Cuencas de los ríos Alberche y Cofio
Vegas, cuestas y páramos del Sureste de Madrid

Tabla 17. Espacios protegidos por la legislación regional

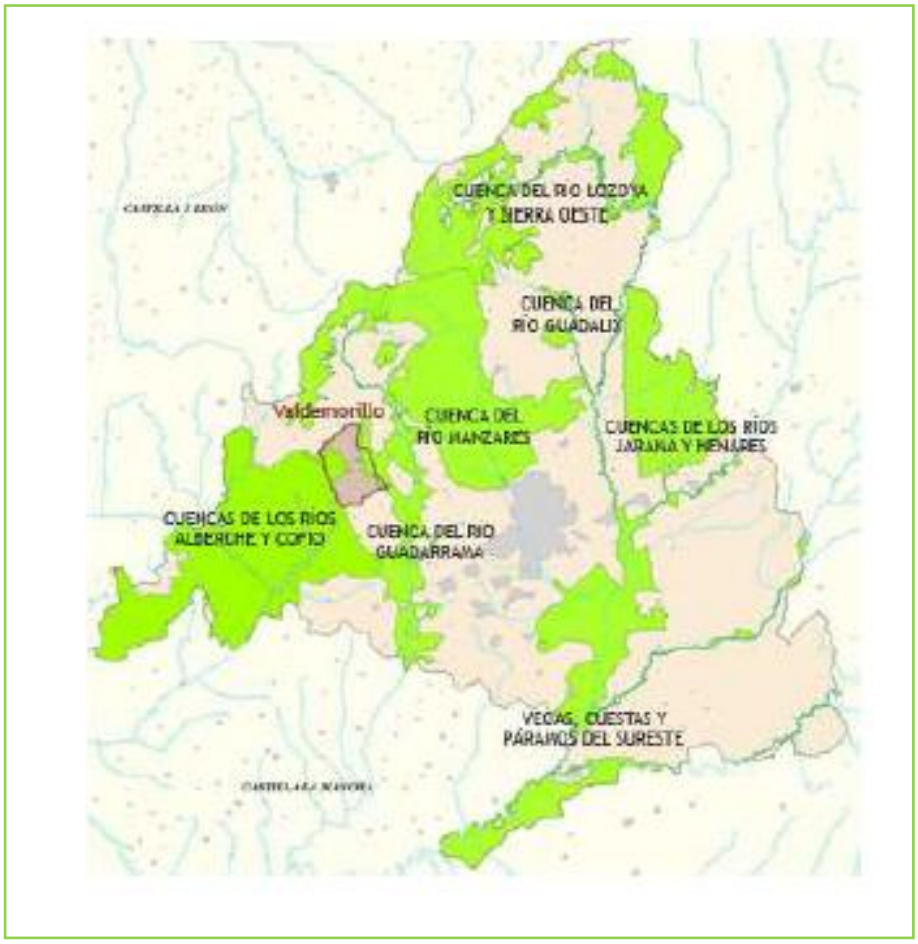
ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE LA CAM	Hectáreas
Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares	52.936
Parque Regional de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama	31.472
Paraje Pintoresco Pinar de Abantos y zona de la Herrería	1.539,
Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara	734
Reserva Natural El Regajal-Mar de Ontígola	628,00
Sitio Natural de Interés Nacional Hayedo de Montejo de la Sierra	251
Monumento Natural de Interés Nacional Peña del Arcipreste de Hita	3,00
Reserva de Fauna Laguna de San Juan	45
Parque Regional del curso medio del río Guadarrama y su entorno	22.625
Soto de Henares (en régimen de protección preventiva)	336

Tabla 18. Catálogo de embalses y humedales de la Comunidad de Madrid

Lagunas de Soto Mozanaque	Charcas de los Camorchos
Mar de Ontígola	Lagunas de la presa del río Henares
Humedal del Carrizal de Villamejor	Lagunas de Belvis
Soto del Lugar	Humedales del Macizo de Peñalara

Laguna de Soto de las Cuevas	Lagunas del Campillo
Lagunas de las Madres	Laguna de Soto de las Juntas
Laguna de San Juan	Lagunas de Cerro Gordo
Laguna de Casasola	Laguna de Valdemanco
Laguna de San Galindo	Lagunas de Velilla
Lagunas de Ciempozuelos	Lagunas de Sotillo y Picón de los Conejos
Lagunas de Castrejón	Laguna de las Esteras
Lagunas de Horna	

Figura 31. Espacios dentro de la Red Natura 2000



Fuente de las tablas 16, 17 y 18 y de la figura 32: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Elaboración propia

3.1.4. EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA

El crecimiento histórico de la ciudad deriva de su capitalidad. Madrid es la sede del Gobierno de la nación y de todas las Administraciones centrales y Ministerios. En el año 1.900 la Comunidad apenas tenía medio millón de habitantes; en 1950 ya tenía casi dos millones de personas, y fue a partir de 1960, coincidiendo con el éxodo rural a los núcleos urbanos, cuando la población, y por tanto la ciudad, crecieron desmesuradamente. En esta época, la población que vivía fuera del municipio de Madrid, apenas representaba el 13,2 % (ver figura 33), mientras que en 2014 supone ya el 49,1%. Entre 1970 y 1990 el crecimiento se desvió al área metropolitana[36], fenómeno que ha continuado hasta los primeros años de este siglo. El precio del suelo a partir de los años 80 del pasado siglo, fue determinante para configurar "cinturones" en los que la distribución espacial de las personas se realizó en función del poder adquisitivo. Se creó así una ciudad polarizada, en la que las clases medias y bajas se instalaron en los municipios del sur y sureste[37], en las zonas industrializadas y con menor interés paisajístico (Getafe, Fuenlabrada, Leganés, Alcalá de Henares, Coslada, Villaverde, Valdemoro, etc), mientras que las clases más acomodadas ocuparon amplias áreas del norte y noroeste (Pozuelo, Aravaca, Tres Cantos, Torrelodones, La Moraleja). Esta distribución lleva asociados modelos urbanísticos distintos: en las zonas industriales del sur y sureste más densamente pobladas, se configuraron ciudades-municipio con vivienda plurifamiliar compacta; mientras que en el norte y noroeste se favoreció el modelo territorial disperso y asociado a una gran cantidad de vivienda unifamiliar aislada en parcela[38]. Estos rasgos son determinantes para contabilizar los consumos hídricos, energéticos o los impactos relacionados con la ocupación del territorio; a mayor dispersión, mayor gasto.

A partir de 1990, los desarrollos urbanísticos se extendieron por toda la Comunidad, con la creación de nuevas urbanizaciones, a veces anexionadas a pequeños municipios de la zona del piedemonte madrileño o de la Sierra. Una parte de estas nuevas construcciones se han convertido en residencia habitual, con los costes energéticos y ambientales que

[36] Se pasó en la corona metropolitana de 493.000 habitantes en 1970, a 2,6 millones en 2010. Los motivos que llevaron a la gente a asentarse en la zona metropolitana son varios: El precio de la vivienda en la ciudad se disparó; se crearon promociones de viviendas más asequibles para una clase media que iba aumentando su capacidad adquisitiva; se dotaron de servicios adecuados a zonas de la periferia que carecían de ellos y se mejoró la red de transporte público y de conexiones viarias.

[37] La población se distribuye de forma desigual, concentrándose el 56% de la población metropolitana en el sector sur, el 22% en el Corredor del Henares, y el restante 22% en el oeste y norte.

[38] En los municipios del norte y noreste, también existe vivienda plurifamiliar, pero no tan concentrada como en el sur.

llevan implícito por la necesidad de desplazarse a diario a la ciudad para trabajar y por la mayor utilización de recursos materiales y ambientales. Un dato significativo es que una cuarta parte de los edificios existentes en 2.001 fueron construidos en el último decenio del siglo XX. Y entre 1997, fecha de aprobación del actual Plan General de Ordenación Urbana, (PGOU) y 2011, se concedieron 262.550 nuevas licencias urbanísticas para construir viviendas. En estos momentos este PGOU se encuentra sujeto a revisión y las previsiones son la construcción de 200.000 nuevas viviendas, la mayoría como desarrollos urbanísticos en el sureste madrileño.[39] Además, hay planes para construir un complejo de lujo en la zona de Campamento, al este de la capital, que prevé la edificación de 15.000 nuevas viviendas, casino y centros comerciales (Expansión, 2014) y otro gran desarrollo, como el llamado Operación Chamartín, con 17.000 nuevas viviendas, zonas comerciales y oficinas (El País, 2015).

No podemos dejar de citar la importancia que ha tenido la inmigración extranjera en los últimos 25 años en la evolución de la población y en la dinámica de la ciudad. La inmigración se distribuyó básicamente entre los barrios más populares de la ciudad (Lavapiés, Tetuán, Vallecas) y las zonas residenciales periféricas (como trabajadores internos de las clases adineradas).

"La población de la Comunidad es eminentemente urbana y está desigualmente repartida en su territorio, concentrándose en torno al núcleo de la capital (3,2 millones de habitantes), formando un área metropolitana con municipios limítrofes que superan los 100.000 habitantes[40] y que acogen a más del 75% de la población de la Comunidad de Madrid, con densidades superiores a los 500, incluso a los 5000 habitantes /km^2. El sistema urbano carece de jerarquía. Las ciudades de su entorno son subsidiarias de la capital, siendo su crecimiento resultado de la congestión de Madrid y no de una dinámica propia" (Informe de Fiscalización de la Cámara de Cuentas de la CAM, 2005 p.13).

Desde Madrid parten todas las redes de comunicaciones (autovías, ferrocarriles), que son radiales y se hallan ubicados asimismo, todos los centros de decisión, políticos, económicos y financieros. Todo esto favoreció, a su vez, la localización de una industria muy diversificada que supone el 95% de toda la industria de la cuenca del Tajo y que

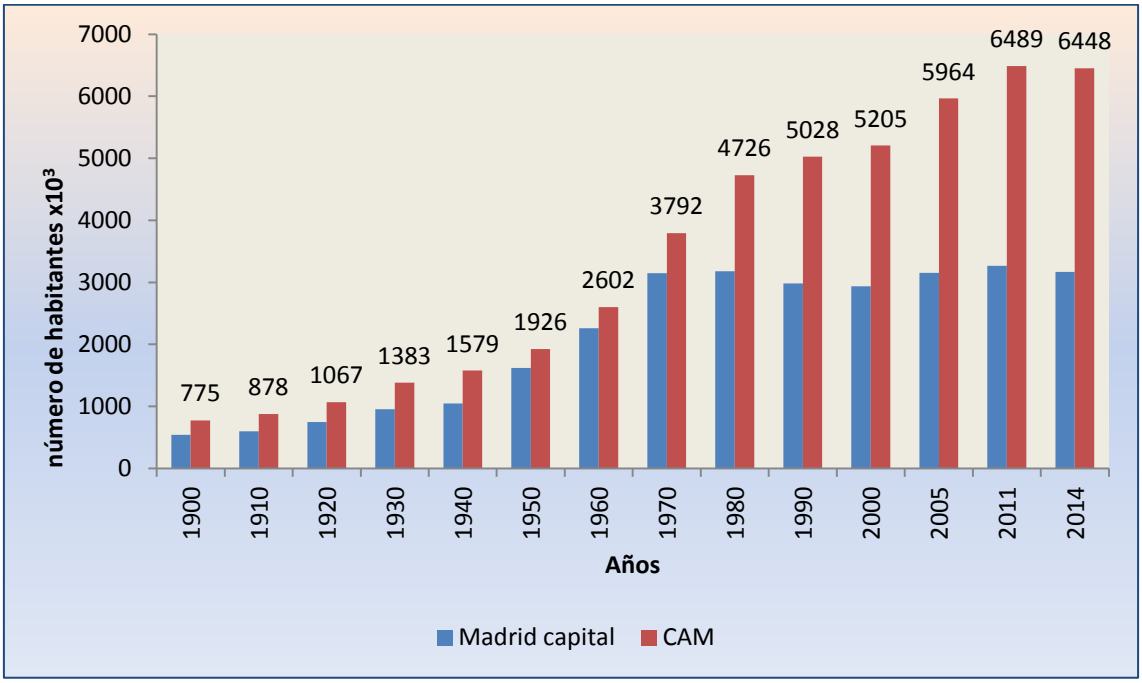
[39] Diagonal global https://www.diagonalperiodico.net/global/23597-nuevo-pgou-mas-especulacion.html
Y también Ayuntamiento de Madrid. Revisión PGOU http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Urbanismo-e-Infraestructuras/Revision-del-Plan-General?vgnextfmt=default&vgnextchannel=4d190d0215664310VgnVCM2000000c205a0aRCRD

[40] Ver anexo 8 al final: densidad de población por zonas.

encuentra importantes ventajas, además, por estar próxima a un mercado de gran capacidad de consumo. La CAM genera el 32,7% de la cifra de negocios en España (INE, 2012) y el sector servicios es la principal ocupación de la población, seguido del industrial que ocupa al 28% de la población. Es la sede de grandes empresas nacionales y extranjeras. El Producto Interior Bruto (PIB) es el 2º más alto de España, contribuyendo el sector industrial con un 10,1% y el sector servicios con un 80,5% del (Delacámara el al., 2011). El paro se sitúa en el 16,4%, por debajo de las cifras a nivel nacional, aunque el número de desocupados se concentra en los distritos del sur de la capital (Vallecas, Carabanchel, La Latina, Usera, Villaverde)[41]

La tasa de natalidad se mantuvo durante muchos años entre las más altas de España, y hasta 2012 el crecimiento de la población ha sido la constante. En dos años ha disminuido el número de habitantes en 121.950 personas[42], lo que representa un 1,8% menos con respecto a 2012. Las razones de esta disminución de la población hay que buscarlas en la situación de crisis económica que vivimos, que deriva en movimientos migratorios, tanto de la población nacional, como de la extranjera, hacia otros países en busca de empleo[43].

Figura 32. Evolución demográfica de la ciudad de Madrid y del resto del territorio desde el año 1.900



[41] Fuente, Ayuntamiento de Madrid.
[42] A fecha de 1 de julio de 2014 la población en la Comunidad de Madrid es de 6.371.610 habitantes (INE)
[43] En el primer semestre de 2014, han abandonado la CAM 26.442 (18.865 se han desplazado al extranjero y 7.577 han sido movimientos interautonómicos)

Fuente: Series históricas de población. INE. Elaboración propia

En la Figura anterior apreciamos que en menos de 50 años la población de Madrid se ha duplicado (a partir de los años 60 del pasado siglo, hasta nuestros días). Entre 1998 y 2011 la población de la región aumentó en un 27,3%, frente a un 18,3% de media en España (Fundación de Estudios Ciudadanos, 2011) y solo le superaron Canarias, Baleares y Murcia. La expansión metropolitana ha generado una redistribución de la población por todo el territorio regional, redundando en una paulatina pérdida de peso del municipio de Madrid con respecto al resto de la Región madrileña. Esta evolución ha sido determinante para diseñar una estructura de abastecimiento y saneamiento capaz de satisfacer las necesidades de la gran metrópoli; la empresa encargada de ello ha sido el Canal de Isabel II.

3.2 EL CANAL DE ISABEL II, UNA PIEZA CLAVE EN EL ABASTECIMIENTO DE MADRID

El abastecimiento a una gran metrópoli como Madrid, no se concibe sin la presencia del Canal de Isabel II, la institución que durante más de 150 años se encarga del suministro del agua para la ciudad. Su creación en 1851 por parte del gobierno del Estado, tuvo un marcado carácter estratégico que permitió que Madrid mantuviera su capitalidad, y gozara de un relevante desarrollo económico, que sus condiciones geográficas no hubieran permitido de no asumir el sector público el ciclo del agua.

3.2.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

El nombre de Madrid deriva del árabe Mayrit "lugar donde abundan los mayra (las conducciones de agua)" lo que refleja la importancia que este elemento tuvo desde los orígenes de la ciudad. Desde su fundación en la segunda mitad del siglo IX, hasta 1858 en que por primera vez llegaron aguas del río Lozoya, la villa se abasteció de una amplia red de galerías subterráneas llamadas qanat o viajes del agua[44]. La insuficiencia de este sistema a mitad del siglo XIX, con una población de 200.000 habitantes, y con apenas una dotación

[44].Estos qanat traían el agua desde diversos manantiales o aguas subterráneas de la provincia de Madrid a través de un complejo sistema de canalizaciones. En tiempos de Carlos III, estas conducciones llegaron a proporcionar hasta 3.600 m3/día, lo que para la población que existía significaba hasta 70 litros/persona/día (Líébana, 2006)

de 10 litros/persona/día, forzó a que se crease una Institución autónoma, pero dependiente del Gobierno: el Canal de Isabel II, que se encargaría de dar solución a las necesidades hídricas de una población en constante crecimiento.

De este modo, en 1851 y mediante Real Decreto, se crea el Canal de Isabel II[45] y se empiezan a construir las infraestructuras que permitirían llevar el agua desde el río Lozoya, en la Sierra de Guadarrama, hasta el centro de Madrid. En 1858 llegan las primeras aguas a la ciudad a través de 76 km de canalizaciones, procedentes de la recién inagurada presa del Pontón de la Oliva. Diversos problemas por filtraciones en esta presa, junto a una población que en 20 años aumentó en 100.000 personas más, hicieron que se construyese el embalse de El Villar (1882), con una capacidad de 22 hm^3. Entre 1867 y 1907, el Canal de Isabel II, pasó a depender del Ministerio de Fomento, periodo que se caracterizó por una gestión incapaz de acometer nuevos proyectos que diesen solución a las necesidades del momento. En 1907, y con la recuperación de la autonomía de la Institución, el Canal inicia una nueva etapa caracterizada por la construcción de nuevos depósitos y ramales, y por la renovación de las viejas infraestructuras.

En 1912 entró en servicio la presa de Santillana, construida sobre el río Manzanares, a 60 km de la capital y propiedad de la sociedad privada Hidráulica Santillana. En 1920 Madrid tenía ya 600.000 habitantes que consumían 210 hm^3, a través de una red de distribución de 230 km.

Figura 33 "La Almenara en el distrito de Tetuán

Fuente: Cien años de historia del Canal (CYII)

[45] Bajo el reinado de Isabel II y con Juan Bravo Murillo como presidente del Consejo de Ministros

En 1953 se crea la Confederación Hidrográfica del Tajo[46], encargada junto al Canal de Isabel II de llevar a cabo la planificación de nuevas infraestructuras que hagan frente a las nuevas demandas que se están produciendo por el aumento de la población en Madrid[47]. Así, en 1954 entra en funcionamiento el embalse del Vado[48] (sobre el río Jarama) y en 1956 el de Riosequillo, en la cabecera del Lozoya. En 1960, coincidiendo con el aumento demográfico, debido al éxodo desde las áreas rurales a las urbanas, Madrid pasó de tener un millón y medio de habitantes, a tener dos millones trescientas mil personas. Esto, junto al descontrol urbanístico y otro gran período de sequía, desembocaron en la redacción del "Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento de 1966", el cual establece las líneas de acción de lo que ha sido la política hidráulica posterior y que ha dado lugar a que en la actualidad más del 99% de la población de Madrid se abastezca a través de grandes sistemas mancomunados o integrados" (Liébana, 2006)[49]. Así, se construyeron en esa época las presas de Pedrezuela (1968, río Guadalix); Pinilla (1968, río Lozoya); conducción de Picadas (Río Alberche) hasta Majadahonda; y en la década de los 70, entran en funcionamiento El Atazar[50] (Lozoya), la más grande con una capacidad de 425 hm^3; Valmayor (río Aulencia); y el trasvase desde el Pozo de los Ramos en el río Sorbe hasta el canal del Jarama por debajo de la presa del Vado[51]. Al mismo tiempo se inicia la construcción de las estaciones de tratamiento de agua potable, las grandes arterias de transporte y el desarrollo de la red de distribución. En 1976, con 3

[46] La CHT entra a formar parte como Organismo Autónomo, junto al Canal de Isabel II, de la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas

[47] Las continuas y graves sequías (1944-1948-1949), fueron otro elemento de peso sobre la necesidad de aumentar la capacidad de abastecimiento en Madrid

[48] El embalse del Vado se construyó en un primer momento para abastecer los regadíos del Jarama. Se decidió después, en 1954, que fuese exclusivamente para abastecimiento y que la dotación para regadíos fuese de los retornos del abastecimiento. En 1960 había 14 municipios con más de 10.000 habitantes, 6 con más de 25.000 habitantes y solo Madrid con más de 50.000 habitantes

[49] Los sistemas mancomunados que establecía el Plan son: Mancomunidad de aguas del Sorbe (Guadalajara, Alcalá de Henares y zona del canal del Henares),abastecidos por el río Sorbe; La Mancomunidad de los pueblos de la sierra de Guadarrama (CASRAMA), que en verano podían llegar a tener más de 200.000 habitantes (abastecidos por pozos y por los embalses de la Jarosa, Navamediano y Navacerrada); Fundación Sur de Aguas Potables, compuesta de municipios que se abastecían de pozos perforados en Batres (lo gestionaba la Diputación).Además, de numerosos municipios abastecidos con recursos propios, a través de pozos. En la actualidad todas estas zonas las gestiona el CYII, excepto Alcalá de Henares y 15 municipios de alrededor.

[50] Con la puesta en funcionamiento del Atazar en 1973, se duplicó la capacidad de regulación

[51] En la presa del Vado es donde confluyen las aguas del Lozoya con el Jarama, con una capacidad de solo 50 hm^3, pero con un papel fundamental en la regulación, ya que puede llegar a aportar más de 100 hm^3/año por la gestión que se lleva a cabo.

millones de habitantes, quedó configurado el mapa de las infraestructuras actuales más importantes para el suministro de la CAM[52].

En 1984, en pleno Estado de las Autonomías, se transfiere el Canal de Isabel II (CYII) a la Comunidad de Madrid (CAM)[53]. En general, la gestión del ciclo integral del agua, suele ser asumido por los Ayuntamientos[54], pero por razones históricas, en el caso de Madrid, se encomienda el abastecimiento al Canal, que asume las competencias en la gestión del ciclo urbano del agua, excepto el saneamiento de la capital, que siguió siendo durante un tiempo competencia del ayuntamiento de Madrid. En 2006, esa función pasa al CYII que desde entonces gestiona las depuradoras y parte de la red de alcantarillado del municipio de Madrid[55].

Con ello, se integraron en el sistema del Canal, el Consorcio de Abastecimiento de los pueblos de la Sierra de Guadarrama (CASRAMA), con sus tres embalses, Navacerrada, La Jarosa y Navamediano, construidos en los años 60 del pasado siglo; La Fundación Sur de Aguas Potables, con sus pozos de Batres; y el campo de pozos de Fuencarral, que había sido construido por iniciativa privada. El sistema se complementó con la incorporación del pantano de La Aceña (1991) y la presa de los Morales (1988), alcanzándose una capacidad de embalse de 946 hm^3.

Tras una importante sequía a principios de los años 90 del pasado siglo, el Consejo de Ministros aprobó en 1993 la ejecución de un trasvase desde Picadas (Alberche) a Valmayor (Aulencia-Guadarrama) y en 1999 se aprobó la interconexión a través de una

[52] Al ser Madrid la capital del Estado español, desde el principio se consideró una cuestión estratégica el abastecimiento de agua a su capital, otorgando al CYII el carácter de empresa pública dependiente del propio Estado central y no, como en otros casos, de municipios o entidades de menor rango (Naredo, 2014)

[53] Por el R.D. 1873/84 de 26 de septiembre, el CYII se transfiere a la CAM y la Ley 17/84 de 20 de diciembre regula el abastecimiento y saneamiento en la Comunidad de Madrid, y establece que la explotación de los servicios de aducción promovidos directamente o encomendados a la Comunidad de Madrid será realizada por el Canal de Isabel II en todo el territorio de la Comunidad.

[54] Tanto la Ley de Obras Públicas de 13 de abril de 1877, como la Ley de Aguas de 1879, otorgaban la competencia en materia de abastecimiento a los Ayuntamientos. En el municipio de Madrid, las competencias en saneamiento quedaban en manos del Ayuntamiento de la capital, hasta que en 2006 fue el CYII el que asumió también esa parte de la gestión

[55] El 26 de septiembre de 2005, la CAM firma con el Ayuntamiento de la capital un acuerdo por el que éste le cede al Gobierno regional toda la red de depuración de aguas durante 25 años a cambio de 750 millones de euros. Hasta entonces la gestión la habían llevado 11 empresas distintas privadas.

gran arteria entre las cuencas del Jarama-Lozoya y del Alberche-Guadarrama[56] con una inversión 29.397.225 euros. Además del refuerzo del Sifón de El Pardo y Arteria de Pozos de Fuencarral (ambas por convenio con la CHT), entrando en funcionamiento en 2002.

Figura 34. Embalses para el abastecimiento de Madrid

CUENCA *Riverbasin*	PRESA *Dam*	TIPO *Type*	m ALTURA *Height*	Hm3 EMBALSE *Capacity*	AÑO *Year*
LOZOYA	PINILLA	Gravedad	33	38	1967
	RIO BEGUILLO	Gravedad	56	50	1968
	PUENTES VIEJAS	Gravedad	66	53	1939
	EL VILLAR	Gravedad	50	22	1879
	EL ATAZAR	Bóveda	134	425	1972
JARAMA	EL VADO	Gravedad	69	55	1960
GUADALIX	PEDREZUELA	Bóveda	52	41	1968
MANZANARES	NAVACERRADA	Gravedad	47	11	1969
	SANTILLANA	Escollera	40	91	1971
GUADARRAMA	NAVALMEDIO	Gravedad	41	0,7	1969
	LA JAROSA	Gravedad	54	7	1969
	VALMAYOR	Escollera	60	124	1976
ALBERCHE	LA ACEÑA	Gravedad	68	23	1991
	LOS MORALES	Gravedad	28	2	1968
TOTAL				848	

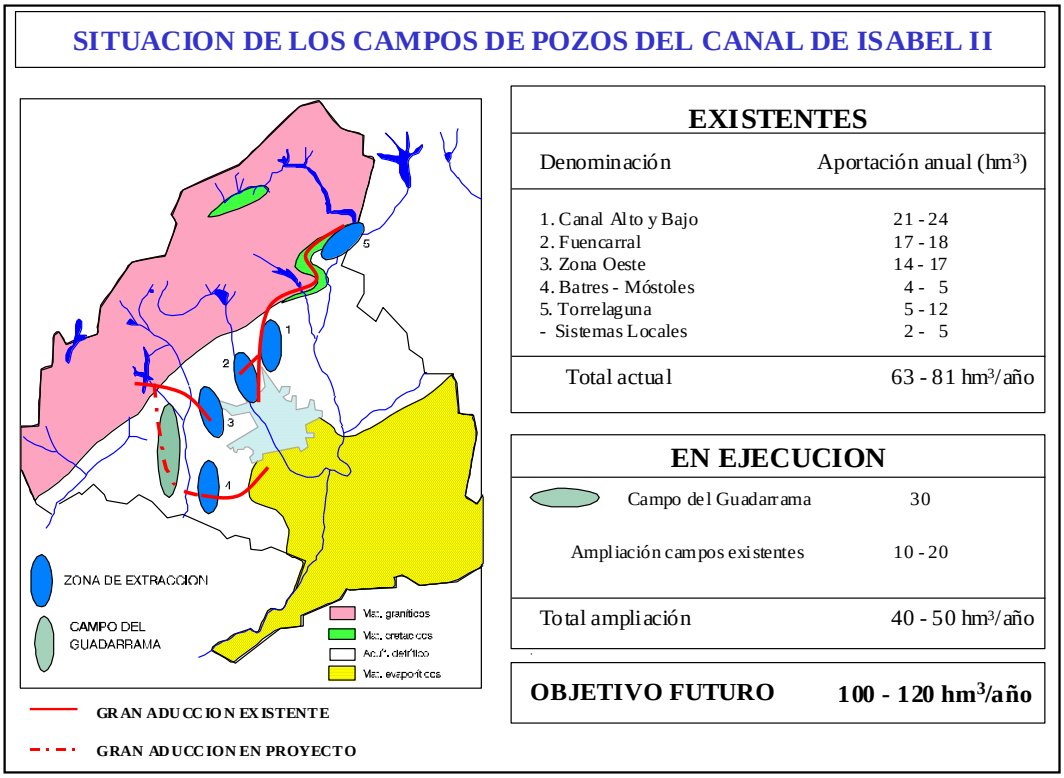
Fuente: López-Camacho e Iglesias. Explotación recursos hídricos CAM

Desde principios de los años 90 del pasado siglo, la red de abastecimiento se complementa con aguas subterráneas que proceden de los dos acuíferos principales de la CAM: el Detrítico Terciario (2.500 km^2 de superficie) y el Cretácico de Torrelaguna (ver apartado 3.1.2 de este capítulo). Además, están los campos de pozos, cerca de 100 en la actualidad, algunos adquiridos a urbanizaciones particulares que se usan, junto a los recursos de los acuíferos, básicamente como recurso estratégico en época de escasez.

El CYII cuenta además, con un inmenso patrimonio en terrenos, inmuebles, dotaciones e infraestructuras que el Estado le fue otorgando o financiando para garantizar su labor (Naredo, 2014)

[56] Todos los embalses están interconectados a través de un sistema de canalizaciones, depósitos y tuberías que forman "grandes anillos" de distribución alrededor de la metrópoli.

Figura 35 Campos de pozos del Canal de Isabel II



Fuente: Iglesias, J.A. (2006) Explotación recursos hídricos CAM

Históricamente el Canal de Isabel II ha sido un modelo de gestión en los aspectos operativos, enfrentándose con éxito al importante reto que ha supuesto el suministrar agua a una ciudad en continua expansión y con una climatología adversa. A través de un alto nivel de tecnificación y una eficaz planificación ha conseguido importantes logros que han repercutido en eficiencia, en garantía del recurso y en calidad del agua de boca. Sin embargo, en cuanto a la gestión ambiental no se puede decir lo mismo, ya que los ríos de Madrid presentan graves alteraciones hidrológicas por la presión y la gestión a la que se les somete.

3.2.2 RÉGIMEN JURÍDICO ACTUAL DEL CANAL DE ISABEL II

En el año 2008 el Gobierno de la Comunidad de Madrid dio los primeros pasos para cambiar el modelo de gestión, y en 2012, se ha materializado a través de un acuerdo entre el ente público CYII y la creación de una sociedad anónima, llamada *Canal de Isabel II Gestión S.A.*, con un compromiso para gestionar el ciclo integral del agua durante 50

años[57]. En esta sociedad se han incorporado como accionistas, además de la propia Comunidad de Madrid, 111 ayuntamientos madrileños[58], que suponen el 90% del total. Este nuevo modelo, presenta diferencias sustanciales con respecto al anterior, en cuanto a su organización, funcionamiento y órganos de gobierno[59].

Es importante a este respecto destacar que aunque los beneficios de Canal Isabel II Gestión S.A. han aumentado entre 2011 y 2013 en un 32,2%, esto no ha redundado en inversiones de mejoras del servicio, que ha caído en el mismo periodo en un 56%. Los beneficios para la empresa han sido de 331 millones de euros entre 2012 y 2013, y de 280 millones de euros en 2014, los cuales se han repartido en dividendos entre los accionistas (Comunidad de Madrid y ayuntamientos), en lugar de financiar los 1.168 millones de euros a los que asciende la deuda, contraída en su mayoría en 2006 tras la compra de derechos por el saneamiento y la reutilización al Ayuntamiento de Madrid.[60]

De ahora en adelante, cuando hagamos referencia a datos después de 2012, hablaremos de Canal de Isabel II Gestión S.A. Esta empresa se ha convertido en un complejo grupo empresarial con intereses ya no solo en la Comunidad de Madrid, sino también en el territorio nacional e internacional, desempeñando actividades ajenas al servicio del agua. Así, en países como Brasil, Ecuador, Colombia, Panamá o República Dominicana además de actuar como gestora del agua, lleva a cabo actividades incluidas en otros ámbitos, como las telecomunicaciones, la gestión de residuos y limpieza urbana o la construcción. En España gestiona el agua en Cáceres y Lanzarote.

Sin ninguna duda, y aunque la planificación hidrológica se lleva a cabo por la CHT, el peso de la región de Madrid, por la población que aglutina, el volumen de recursos que consume y el impacto que produce, da lugar a que "El Canal" juegue un papel fundamental y tenga una influencia enorme de cara a la planificación y a la búsqueda de nuevos

[57] Este nuevo modelo de gestión, mantiene a CYII, supuestamente como órgano de control de la Sociedad Anónima. Y ésta, es decir, Canal de Isabel II Gestión es la encargada de la gestión del patrimonio, las infraestructuras, y los servicios de abastecimiento, saneamiento y reutilización. Está destinada a ser privatizada "cuando las circunstancias así lo permitan", según el presidente de la CAM.

[58] La estructura accionarial de Canal de Isabel II Gestión está compuesta por un 82,4% del ente público, un 10% del Ayuntamiento de Madrid y un 7,6% de otros ayuntamientos. En 2012 se distribuyeron entre los accionistas 69.511.351 euros.

[59] El artículo uno del Real Decreto 1091/77, de 1 de abril, la definía como «una Empresa dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, con personalidad jurídica distinta de la del Estado, patrimonio propio, administración autónoma y plena capacidad de obrar para el desarrollo de los fines que se le encomiendan». Su artículo nueve establecía la obligatoriedad de presentar las cuentas anuales y la Memoria al Tribunal de Cuentas y a las Cortes Españolas

[60] Ver en bibliografía "La gestión actual del Canal Isabel II Gestión" (Plataforma contra el CYII)

recursos que sean capaces de garantizar el suministro a la mayor urbe de la nación. Aún así, existen otras instituciones públicas que intervienen en tareas de planificación, evaluación de la calidad de las aguas, elaboración de planes y campañas de ahorro, ordenanzas, asesoramiento, etc. Estas son: el Ayuntamiento de Madrid, La Comunidad de Madrid (a través del CYII y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio), el Ministerio de Medio Ambiente (a través de la CHT), el Instituto Geológico y Minero (IGME) o el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (a través del Sistema de Información Nacional de Consumo de Aguas, SINAC)

3.2.3. INFRAESTRUCTURAS DE ABASTECIMIENTO

Además de la red de embalses y pozos citados en el apartado anterior, el CYII ha ido poniendo en marcha distintas infraestructuras en función de las necesidades de la población. La actual red de captación, almacenamiento, distribución, potabilización, saneamiento y reutilización gestionada por Canal de Isabel II Gestión abastece en la actualidad a 6,29 millones de habitantes, de los 6,5 millones que hay en la CAM[61], distribuidos en 176 de los 179 municipios que existen. Por tanto, da servicio al 96,9% de la población madrileña y al 81% de toda la cuenca del Tajo. El resto, es decir, 200.000 habitantes de Alcalá de Henares y 15 pequeños municipios en esa área, son abastecidos por la Mancomunidad de Aguas del Sorbe. Por otro lado, existen urbanizaciones, campos de golf y viviendas aisladas que se abastecen de aguas subterráneas y cuyo consumo no figura registrado. A continuación se describen las infraestructuras para abastecimiento de tratamiento y distribución:

3.2.3.1. Estaciones de tratamiento de agua potable

El agua de Madrid, procedente de las cabeceras de unos ríos que atraviesan un sustrato granítico, es de muy buena calidad. La primera estación potabilizadora que entró en servicio fue la de Torrelaguna, en 1967, con una capacidad máxima de tratamiento de 518.000 m3/día. La que mayor volumen de agua trata en la actualidad es la de Colmenar Viejo, con 1.382.000 m3/día y a la que llegan aguas de los embalses del Atazar y El Villar (río Lozoya); del embalse del Vado (río Jarama); del Pozo de los Ramos (río Sorbe); y del

[61] El resto de la población, es decir, 200.000 habitantes, son abastecidos por la Mancomunidad de Aguas del Sorbe (MAS)

embalse de Pedrezuela (río Guadalix). La ETAP más moderna y con mejores tecnologías es la que entró en funcionamiento en 2010 en Colmenar de Oreja, con aguas procedentes del río Tajo, a partir de una toma por encima de Aranjuez. Da servicio a más de 15 municipios con una población de 500.000 habitantes en el sureste de Madrid, entre los que se encuentran Valdemoro, Getafe, Parla, Pinto o Aranjuez. Su capacidad de producción es de 173.000 m3/día, lo que significa 63 millones de m3/año y la inversión realizada en su construcción ha sido de 62,8 millones de euros.

Tabla 19 Estaciones de tratamiento de agua potable

ESTACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE			
DENOMINACIÓN	FECHA DE ENTRADA EN SERVICIO	CAPACIDAD MÁXIMA DE TRATAMIENTO m3/s	m3/día
Torrelaguna	1967	6	518.000
Majadahonda	1967	3,8	328.000
El Bodonal	1969	4	346.000
Navacerrada	1969	1	86.000
La Jarosa	1969	1,5	130.000
Santillana	1972	4	346.000
Colmenar	1976	16	1.382.000
Valmayor	1976	6	518.000
Rozas de Puerto Real	1988	0,175	15.000
Pinilla	1992	0,416	36.000
La Aceña	2000	0,5	43.000
Griñón	2008	0,94	81.000
Tajo	2010	2	173.000

Fuente: Canal de Isabel II Gestión S.A .(2014)

3.2.3.2. Red de distribución

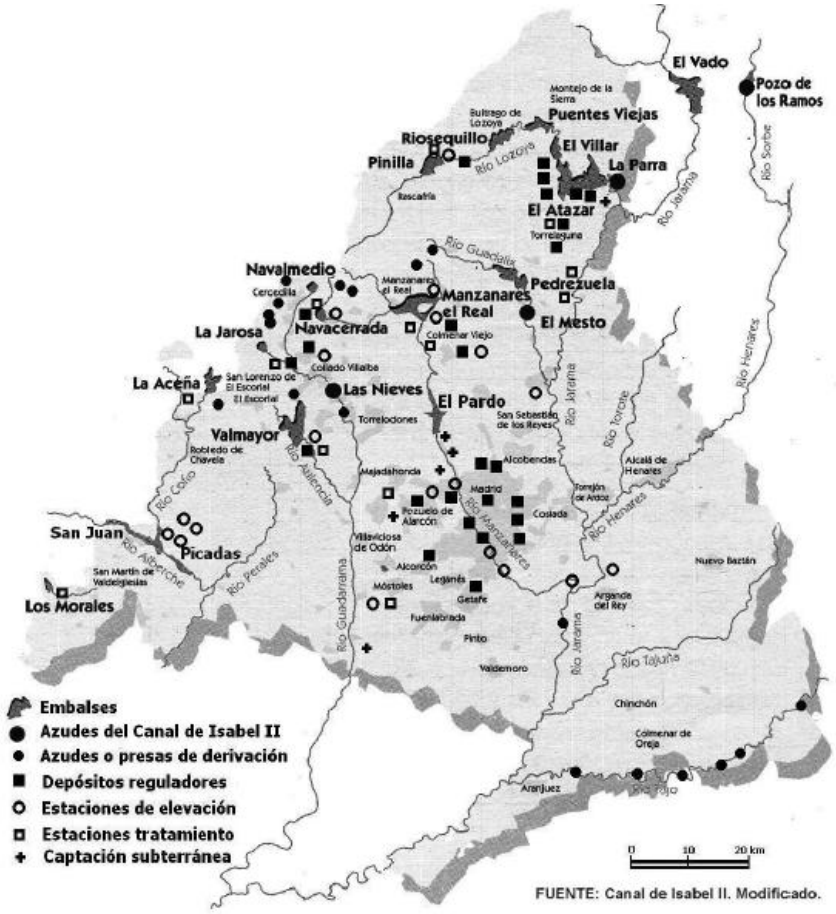
El agua captada en los embalses es conducida por una extensa red de tuberías a las estaciones de tratamiento de aguas potables, de aquí a los depósitos de regulación y de estos a los usuarios. Una vez utilizada, ésta se envía a través de la red de saneamiento a las estaciones regeneradoras de aguas residuales y de aquí se vierte nuevamente a los cauces del Manzanares y del Jarama[62].

El Canal se encarga de todo el ciclo integral del agua en la Comunidad Madrid y posee además las infraestructuras necesarias para ello. En la actualidad son éstas:

[62] Algunos municipios no vierten en estos dos ríos, sino en embalses como Castrejón o Cazalegas, en las cuencas del Tajo y del Alberche respectivamente

- 14 embalses con una capacidad de almacenamiento de 946 hm^3.
- 13 estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAP) con capacidad para potabilizar 4,5 hm^3/día y 1.642 5 hm^3/año
- Una red de distribución de 17.163 km y 29 grandes depósitos con una capacidad de 2,7 millones de m^3
- 530 km de canales y conducciones desde los embalses a las ETAP
- 11.898 km de red de alcantarillado y 751 colectores y emisarios.
- 156 estaciones de depuración de aguas (EDAR) con una capacidad de tratamiento de 17,12 millones/ habitante/ equivalente.
- 28 plantas de reutilización y una red de agua regenerada de 347,2 km.

Figura 36. Infraestructuras de abastecimiento de agua



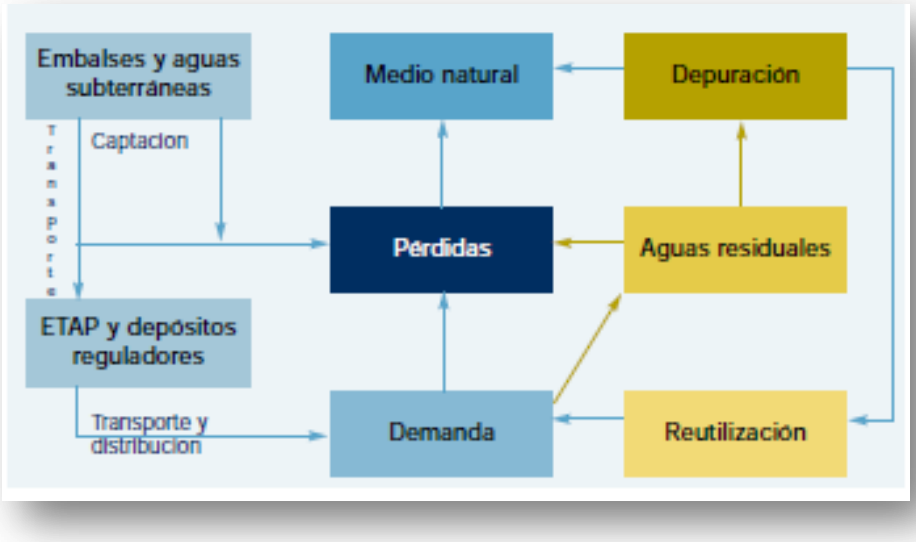
Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM

3.2.4. INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO

La red de saneamiento[63] comprende el sistema de alcantarillado y el de depuración, es decir, la recolección y el transporte de las aguas residuales domésticas e industriales, hasta las estaciones depuradoras (EDAR), donde a través de diversos tratamientos, las aguas son devueltas a los ríos. La mayoría de las redes de alcantarillado en España son unitarias, por lo que las aguas pluviales circulan junto a los vertidos urbanos.

El primer Plan General de Alcantarillas acometido por el CYII, data de 1854. En el año 2005, éste asumió la gestión del saneamiento de la ciudad de Madrid, de la que hasta entonces se ocupaba el Ayuntamiento, por lo que gestiona las 8 grandes depuradoras de la capital y además se encarga de ello en 148 municipios de los 179 que hay en la CAM. El Canal ofrece en la actualidad servicio de saneamiento a 5,72 millones de habitantes, que equivale al 88% de la población madrileña. En 2013, Canal Gestión S.A. depuró en el total de los municipios que gestiona, 493 hm^3 de los 496 hm^3 que facturó para consumo, lo que equivale a una capacidad de tratamiento de 17,12 millones/habitante/equivalente (Anuario CYII, 2012).

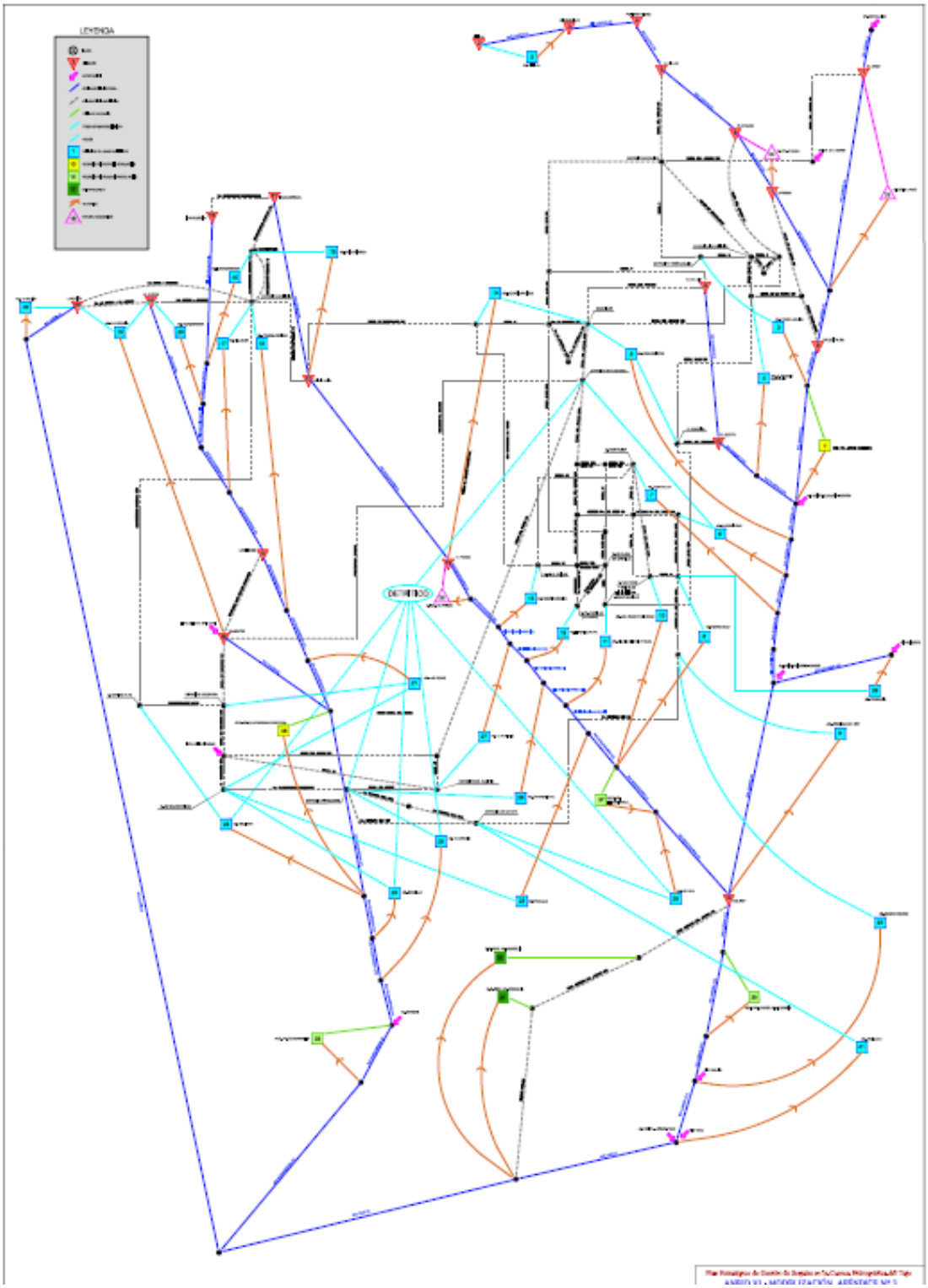
Figura 37. El ciclo integral del agua



Fuente: Agenda Local 21 del Ayuntamiento de Madrid

[63] A partir de la página 94 se amplía información.

Figura 38. Sistema de Explotación del Abastecimiento y el Saneamiento en la Comunidad de Madrid



Fuente: Plan Especial y Eventual Sequía del Tajo (CHT, 2007b)

3.2.5. PLANES DE GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA

Desde finales de los años 70 del pasado siglo, con el crecimiento de Madrid y su entorno metropolitano, se detectaron limitaciones y deficiencias que determinaron la necesidad de elaborar Planes para resolverlo. Básicamente se trataba de solucionar el riesgo creciente en el nivel de garantía de abastecimiento, la capacidad y el mallado de la red de distribución y la contaminación de los cauces por la gran cantidad de desechos vertidos en ellos. En el esquema de la figura 39 se puede observar la compleja red de aducción y saneamiento de la Comunidad de Madrid en la actualidad.

De este modo, tanto el Ayuntamiento de Madrid, como el gobierno de la Comunidad Autónoma, en colaboración con el Canal de Isabel II, elaboraron diversos Planes que recogemos en el siguiente cuadro:

Tabla 20. Planes de gestión integral del agua en la Comunidad de Madrid

AYUNTAMIENTO DE MADRID		**INVERSIONES millones euros**
Plan General de Estaciones Depuradoras	1967	
I Plan de Saneamiento Integral de Madrid	PSIM (1977-1984)	192
II Plan de Saneamiento Integral de Madrid	PSIM (1985-1994)	
Plan de Gestión de la Demanda de Madrid	(2005-2011)	104

COMUNIDAD MADRID y CANAL DE ISABEL II		**INVERSIONES mill. euros**
Plan Integral del Agua en Madrid	PIAM (1985-1994	260
Plan de Saneamiento y Depuración	(1995-2005)	800
Plan Trienal de Inversiones e Infraestructuras hidráulicas abastecimiento y depuración	(1989-1991)	
Plan Cien por Cien Depuración	(2001-2004)	180
Plan Dpura (depuración y reutilización)	(2005-2010)	600
Plan Nacional Calidad Agua Saneamiento y Depuración	(2007-2015)	1.800
TOTAL		**3.806**

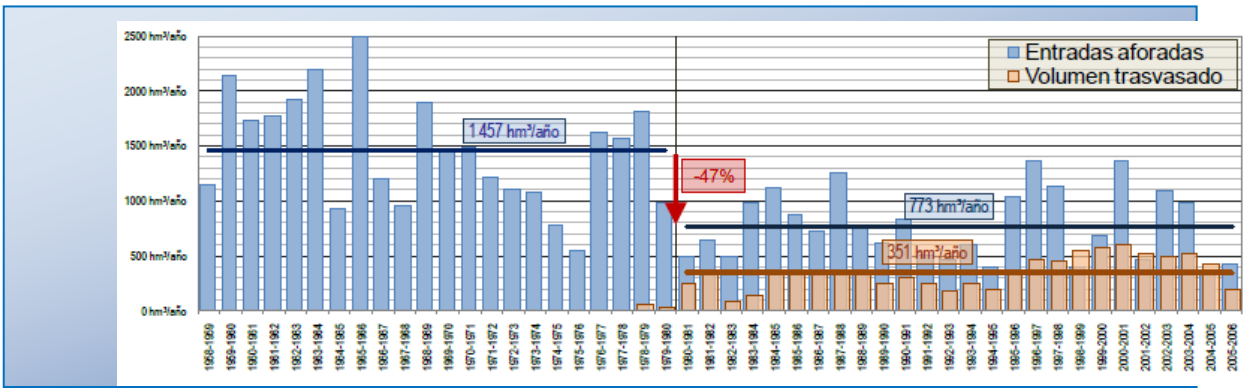
Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de Saneamiento y Depuración de Madrid (CAM, 1995)

En todos ellos se contenía un estudio global de la situación en materia hidrológica, incluyendo costes financieros, medidas a tomar y evaluación de los resultados. En la mejora de los sistemas de depuración fue decisiva la aprobación de la Directiva 91/271 sobre vertidos de aguas residuales (CE, 1991), que fijaba el año 2005 como fecha límite para que todas las aguas residuales de los países de la Unión Europea recibiesen un tratamiento adecuado.

3.3 RECURSOS DE AGUA DISPONIBLES PARA EL ABASTECIMIENTO DE MADRID.

La Comunidad de Madrid se sitúa en el Sistema Integrado de la Cuenca Alta del Tajo, en donde como se ha comentado en el capítulo 2, se generan el 45% de los recursos hídricos y se utilizan el 85% del total de toda la cuenca del Tajo (CHT, 2013c). Además, el trasvase al Segura y al Guadiana detrae desde 1979 un volumen anual desde el Sistema de Cabecera que puede llegar hasta los 650 hm3. Las predicciones de entonces sobre el volumen de aportaciones no se han cumplido, y a través del análisis de las distintas series históricas, se observa una disminución en las precipitaciones y por tanto de los recursos hídricos disponibles en toda la Cuenca del Tajo, y muy especialmente en el Sistema Integrado de la Cuenca Alta. La Figura 39 nos muestra la disminución de las aportaciones desde 1980 en el sistema de Cabecera y los volúmenes trasvasados.

Figura 39. Disminución de recursos en la Cabecera del Tajo



Fuente: Memoria-Síntesis del Proyecto de PH Tajo, hoja 19, CHT 2013b.

El trasvase ha condicionado totalmente la planificación hidrológica de la cuenca del Tajo y muy especialmente la de Madrid, que necesita grandes volúmenes de agua para abastecimiento y con garantía para afrontar las recurrentes sequías propias de nuestra climatología. Madrid renunció en el Anteproyecto del trasvase Tajo Segura (MOPT, 1967) a utilizar aguas de los embalses de Cabecera, a cambio de obtener recursos del "Oeste" (Alberche, Tiétar y norte de Gredos), premisas que no se han cumplido más que en parte[64], por los elevados costes ambientales y económicos que eso significaría. Sin embargo, ante la imperiosa necesidad de garantizar el suministro de agua a la gran urbe, en 2011 se

[64] Desde el Alberche se trasvasan a través de Picadas y San Juan hasta Valmayor (Guadarrama-Aulencia), hasta 219 hm^3

aprobó la toma de hasta 60 hm^3/año de aguas del Tajo para abastecimiento de Madrid, a través del azud de Valdajos, ubicado por encima de Aranjuez[65]. El Anteproyecto General de Aprovechamiento Conjunto de los Recursos Hidráulicos del Centro y Sureste de España *(*MOPT, 1967), establecía en la página 55 y siguientes de su Memoria que," puede concluirse que es factible conseguir los 900 hm^3 necesarios para el abastecimiento de Madrid, a través de las aportaciones de: Tiétar (400 hm^3); Alberche (400 hm^3); Guadarrama (100 hm^3). Si en el futuro fuese necesario, pueden agotarse más las aportaciones del Tiétar y el Alberche y acudir a la vertiente norte de Gredos, trasvasando agua del Duero en la medida que Madrid necesite".

En la actualidad el sistema de Abastecimiento a Madrid incluye las captaciones en las cuencas del Jarama y Guadarrama, en el acuífero Detrítico y los trasvases desde el Alberche y Sorbe. Este sistema incluye además, la demanda de la Zona Regable de la Real Acequia del Jarama. El no haber podido disponer de recursos asignados desde la Cabecera del Tajo[66] hasta ahora, ha incrementado la presión sobre los ríos de Madrid y sobre otros de cuencas más lejanas como el Alberche[67] o el Sorbe. El Plan de cuenca del Tajo (CHT, 2014) asigna para el abastecimiento de agua potable de la Comunidad de Madrid 738,07 hm^3/año a nombre del Canal de Isabel II. Asimismo, se asignan 214 hm^3/año para regadíos procedente de aguas superficiales y 28 hm^3/año procedentes de aguas subterráneas (los riegos de la acequia Real del Jarama tienen una dotación de 158 hm^3/año, lo que representa el 73,8% del total destinado a agricultura).

Para cubrir este volumen se dispone de los siguientes recursos:

- Aguas superficiales procedentes de los 14 embalses del sistema Jarama-Guadarrama, que suponen el 90% del total de los recursos (CYII, 2012) y que dependen de la variabilidad interanual de las aportaciones naturales de los ríos. La media de dichas aportaciones se sitúa en 773 hm^3/año utilizando la serie larga (desde 1912); y de 596 hm^3/ año, usando la serie corta (desde 1992), aunque hay muchas fluctuaciones. Así, en la serie

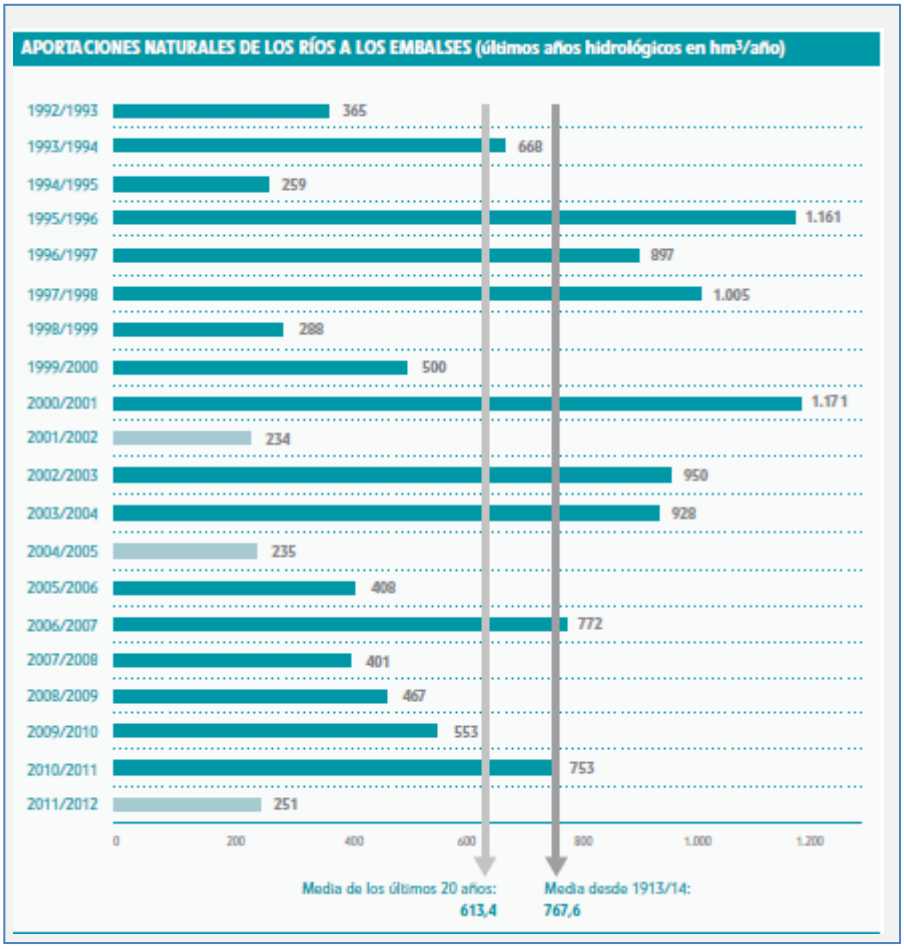
[65] El agua del Tajo, cargada de salinidad que le es propia, y agravada por la falta de caudales, se potabiliza en la ETAP de Colmenar de Oreja, que dispone de las últimas tecnologías y es gestionada por Canal Gestión S.A. Esta cantidad de agua, puede garantizar el suministro de hasta medio millón de personas de la CAM.

[66] En el último Plan de cuenca del Tajo de 2014, la CHT reconoce por primera vez que "*El fuerte crecimiento de población en la Comunidad de Madrid y Castilla La Mancha se ha de abastecer desde recursos regulados en la cabecera (embalses de Entrepeñas y Buendía), por carecer de otras posibilidades".*

[67] El río Alberche además de contribuir al abastecimiento de Madrid, abastece a zonas con poblaciones importantes y fuera también de su cuenca como La Sagra, Torrijos, Toledo o Talavera de la Reina. Y atiende regadíos con una demanda de 156 hm3/año.

histórica[68] se cuenta con valores de 1.738 hm^3 (año hidrológico 1940-41) o de 223 hm^3 (año hidrológico 1991-92), en función de las precipitaciones habidas. Como se puede ver en la Figura 40, en los últimos 20 años solo se ha superado el volumen que marca la media de las aportaciones aplicando los datos de la serie larga, en 6 ocasiones, es decir, en tan sólo un 30% de los años. Llama la atención las escasas aportaciones recibidas en 2012, con tan solo 251 hm^3 (34% de la media anual), lo que le convierte en el 2º año más seco de la serie histórica.

Figura: 40. Aportaciones naturales de los ríos a los embalses



Fuente: Informe Anual del Canal de Isabel II Gestión, 2012

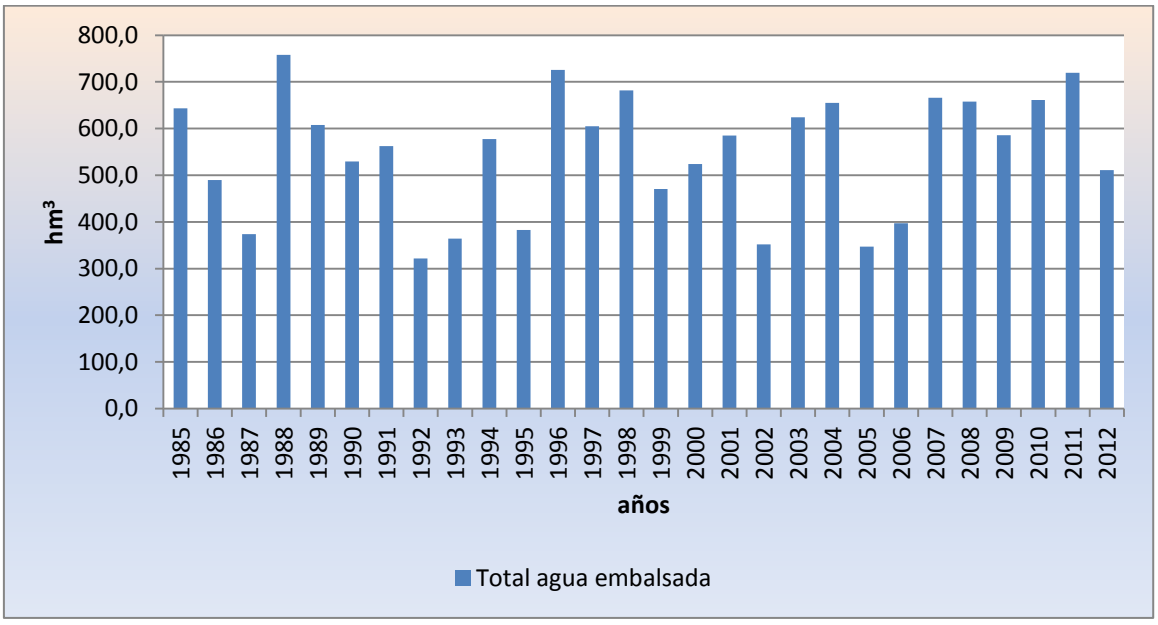
La Figura 41 muestra el volumen embalsado en los 14 pantanos que abastecen a Madrid, abarcando un periodo de 25 años, y como se puede comprobar, en ninguno se han alcanzado 800 hm3 y solo en 3 años de la serie, se han superado valores de 700 hm^3. Hay que recordar que la demanda de agua para Madrid según el Plan de Cuenca (CHT, 2014)

[68] Se dispone de series con valores mensuales desde el año 1913-14 hasta ahora.

son de 773 hm^3 y por tanto, imposibles de obtener solo con lo acumulado en los embalses o con las aportaciones que reciben. Se refleja una diminución importante del volumen disponible en los embalses en los años de sequías en Madrid (finales de los años 80 del pasado siglo, principios de los 90, año 2002 y el periodo entre los años 2004-2006).

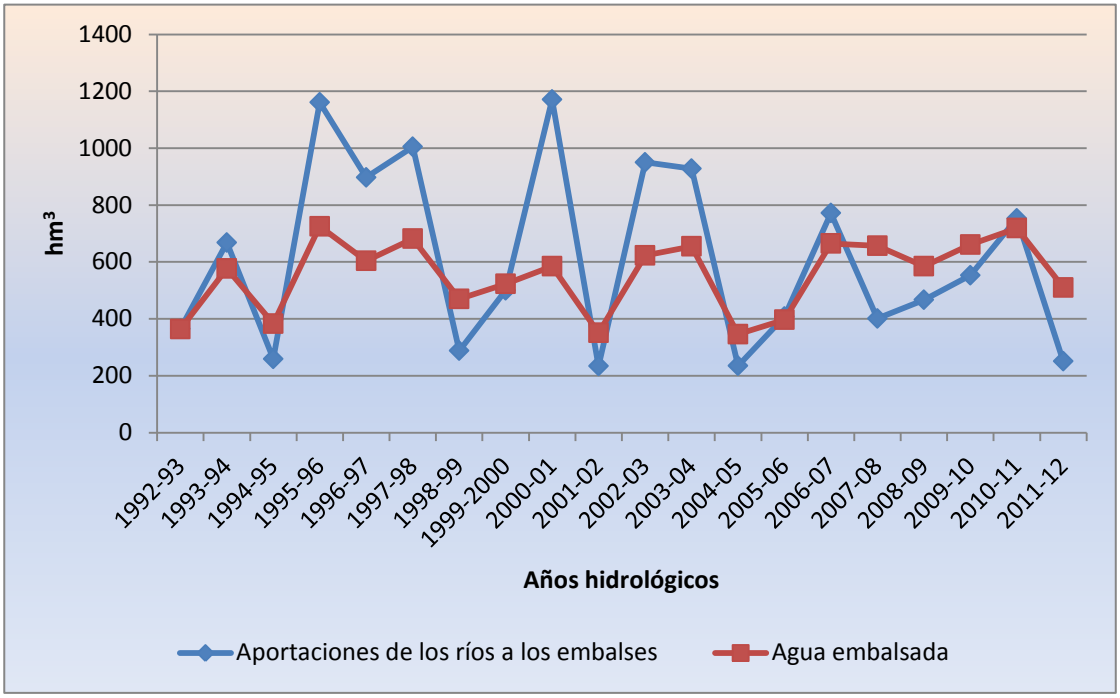
De este modo, si hacemos una valoración de las aportaciones naturales de los ríos a lo largo de toda la serie, tal y como se refleja en la Figura 42, se llega a la conclusión que, existen acusadas diferencias interanuales, marcadas por la climatología y el régimen de precipitaciones. Ello aumenta la incertidumbre para garantizar los recursos hídricos y repercute en la disponibilidad de agua para el siguiente ciclo, por lo que se hace necesario disponer de otras fuentes de suministro para abastecimiento y una gestión plurianual de los embalses. Los periodos de aportaciones mínimas son recurrentes, tal y como se puede ver en el gráfico de la Figura 40; destacan los años 2005 y 2012, con mínimas acumuladas de tan solo 235 hm^3 y 248 hm^3 respectivamente, lo que significa un 31% y un 34,4% de la media anual.

Figura 41. Volumen de agua en los embalses de Madrid



Fuente: Canal de Isabel II. Elaboración propia

Figura 42. Comparativa entre aportaciones naturales y agua embalsada



Fuente: Canal de Isabel II. Elaboración propia

Por todo ello, Madrid utiliza recursos hídricos de otras cuencas, que se enumeran a continuación:

- Se dispone de recursos complementarios procedentes del Alberche en los embalses de San Juan y Picadas, con transferencias a Madrid (hasta Valmayor) de hasta 219 hm^3/año. Este volumen equivale al 65% de los recursos del río (339 hm^2 repartidos en 4 embalses)[69] Esta situación afecta a todos los usos por debajo de la toma de bombeo: abastecimiento, ambientales, recreativos, agrícolas y energéticos[70]. La falta de caudales permite que en años con pocas precipitaciones, muchos tramos del río, algunos de ellos en Red Natura 2000, se sequen por debajo de Picadas y hasta la desembocadura en Talavera de la Reina, afectando muy negativamente a los regadíos del Bajo Alberche[71], a los abastecimientos de Talavera y a los ecosistemas asociados al río.

- Recursos complementarios del río Sorbe, a través del azud del Pozo de los Ramos (entre 5-15 hm^3/año) y del Tajuña, desde el sistema Almoguera-Mondéjar (12 hm^3/año) y siempre que no se produzcan afecciones a los derechos de uso del agua.

[69] Embalses de San Juan, Picadas, Burguillo y Charco del Cura
[70] La concesión hidroeléctrica es de Unión Fenosa, a la que el Estado debe indemnizar por la detracción de caudales que sufre y repercute en la energía turbinada
[71] En caso de escasez hídrica existe una toma desde el Tajo para atender estos regadíos, aunque el agua es de peor calidad.

- Recursos complementarios de hasta 60 12 hm^3/año en el río Tajo, desde el azud de Valdajos.

- A esto hay que añadir una reserva estratégica procedente de las captaciones adicionales de los campos de pozos situados en el acuífero Terciario Detrítico[72] y en el Carbonatado Mesozoico[73], que se usan sólo en periodos de sequía. El volumen máximo que podrían aportar según el CYII, serían 79 hm^3/año desde el acuífero Detrítico y 7,5 hm^3/año desde el Carbonatado en Torrelaguna. No obstante, hay que ser muy cautos en el uso de estas aguas subterráneas, ya que en caso de extracciones[74], la capacidad de estos acuíferos en muy lenta, teniéndoles que dejar recuperar entre 2 y 4 años después de cada periodo de bombeo (López Camacho e Iglesias, 2006).

- Reutilización del agua. El proyecto "Madrid Depura", puesto en marcha en 2005 y hasta 2010, preveía el uso de hasta 40 hm^3 de aguas regeneradas para riego de campos de golf, jardines municipales o baldeo de calles. Sin embargo, las expectativas no se han cumplido y el volumen reutilizado es mucho menor. Como ejemplo, en 2012 se regeneró un volumen de 9 hm^3, lo que equivale a tan solo el 1,8% del agua derivada para consumo (ver apartado "reutilización" al final de este capítulo 3, además del capítulo 5). Asimismo, el Plan Nacional de Reutilización (PNRA, 2010) tiene previsto un aumento desorbitante en el futuro de aguas reutilizadas en la cuenca del Tajo, pero falta por definir cómo se llevaría a cabo.

- El sistema de explotación Jarama-Guadarrama recibe además, caudales adicionales desde el sistema Tajo Izquierda para los regadíos de la Real Acequia del Jarama[75] gracias a la toma en el Tajo del bombeo de Añover (CHT, 2014).

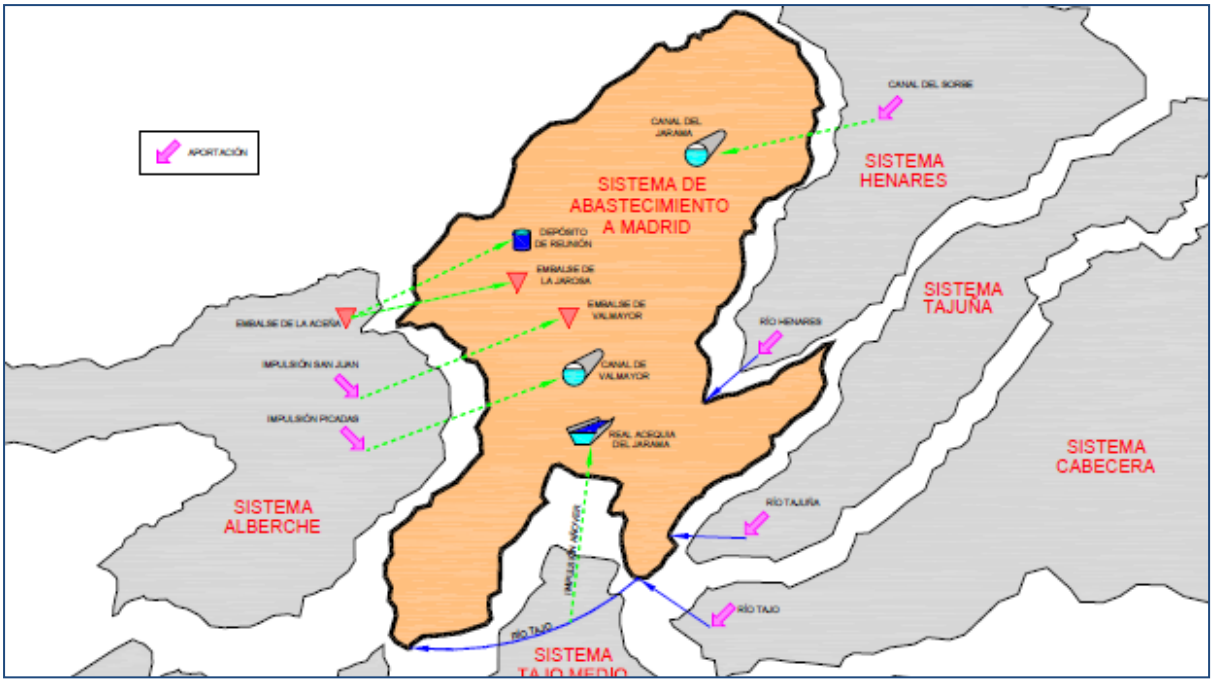
[72] Masas de agua subterránea Manzanares-Jarama 030.010, Guadarrama-Manzanares 030.011 y Aldea del Fresno-Guadarrama 030.012

[73] Masa de agua subterránea Torrelaguna 030.004.

[74] Existen numerosas captaciones del acuífero no cuantificadas que abastecen a urbanizaciones privadas o viviendas aisladas, algunas de ellas ilegales. Así lo ponen de manifiesto las alegaciones del IGME al ETI 2015-2021, que no están de acuerdo en los datos de explotación de aguas subterráneas oficiales, que ellos valoran por debajo de lo establecido. Además, afirman que hay elevadas concentraciones de y nitratos en algunas zonas

[75] Con una dotación elevada para regadío de 9.700 m^3/ha/año

Figura 43. Conexiones con el sistema de abastecimiento de Madrid



Fuente: Plan Eventual Sequia del Tajo (CHT, 200)7

3.3.1. ASIGNACIÓN DE RECURSOS PARA LA COMUNIDAD DE MADRID

El Plan de Cuenca del Tajo aprobado en abril de 2014, establece una asignación total para el sistema Jarama-Guadarrama de 987 hm^3/año distribuidos del siguiente modo:

Tabla 21. Asignaciones de recursos en el Sistema Jarama-Guadarrama

DEMANDAS URBANAS	Asignaciones en hm^3
Cabecera del Jarama	0,72
Canal Isabel II Gestión S.A.	738,07
TOTAL URBANA	738,79

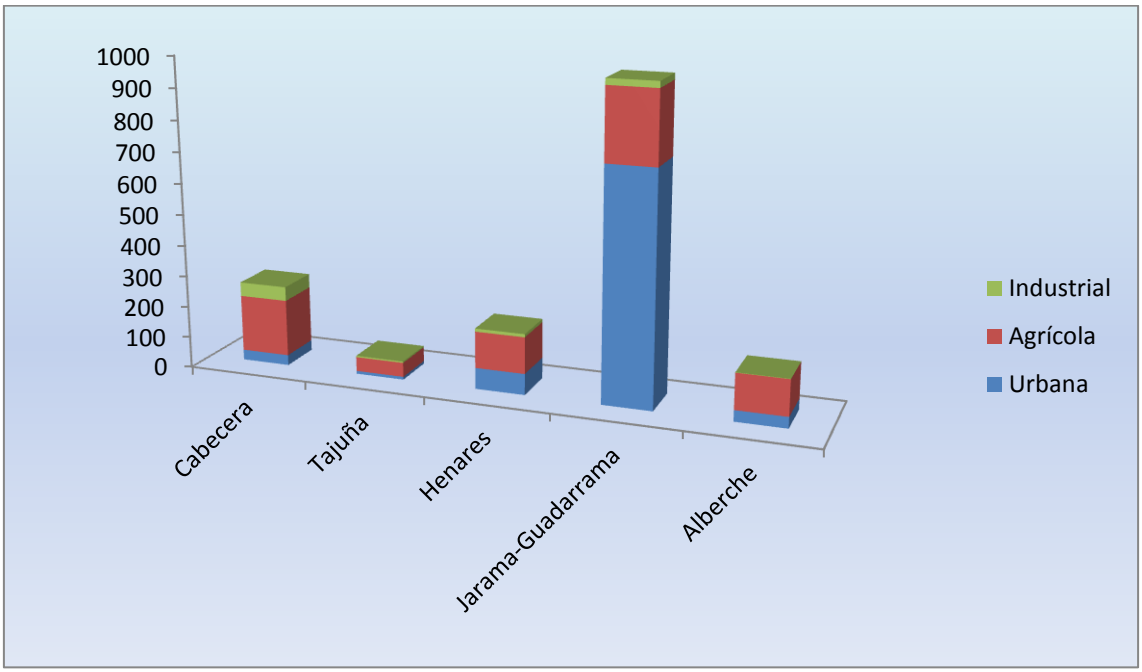
DEMANDAS AGRARIAS	Asignaciones en hm^3
Regadíos privados Manzanares	9,17
Regadíos privados no regulados Manzanares	2,09
Real Acequia del Jarama (I)	83,09
Real Acequia del Jarama (II)	72,15
Regadíos privados Bajo Jarama	8,71
Regadíos privados no regulados Jarama	9,76
Regadíos privados Guadarrama	8,95
Regadíos privados no regulados Guadarrama	2,62
Usos ganaderos Sist. Expl. Jarama-Guad.	1,85
Total demandas agrarias superficiales	214,10
ırarias subterráneas	
Regadío ES030MSBT030.004	0,61
Regadío ES030MSBT030.007	1,88
Regadío ES030MSBT030.010	1,94
Regadío ES030MSBT030.011	2,47
Regadío ES030MSBT030.024	7,58
Total demandas agrarias subterráneas	14,47
Total demandas agrarias	228,57
dustriales	
dustriales superficiales	
Industrial sup. no red Sist. Expl. Jarama-Guad.	7,42
Total demandas industriales superficiales	7,42
dustriales subterráneas	
Industria ES030MSBT030.004	0,42
Industria ES030MSBT030.007	0,88
Industria ES030MSBT030.010	6,49
Industria ES030MSBT030.011	3,99
Industria ES030MSBT030.024	0,96
Total demandas industriales subterráneas	12,73
Total demandas industriales	20,14
TOTAL JARAMA-GUADARRAMA	987,50

Como se puede observar en las previsiones que establece el Plan de cuenca que figuran en la Tabla anterior, la asignación por usuarios es la siguiente: 0,2% para usos industriales no conectados a la red de abastecimiento; un 23% son para agricultura; y un 74,7% se destinan a usos urbanos[76]. Esto es un hecho atípico que solo se da en la Comunidad de Madrid, ya que en el resto de España, la proporción se distribuye entre un 82,8% para usos agrícolas y un 17,2% para usos urbanos e industriales[77](INE, 2011).

Asimismo, las dotaciones para Madrid a través del sistema Jarama-Guadarrama para usos urbanos, superan con creces a las asignaciones para el resto de sistemas limítrofes y englobados en el SICA, tal y como se comprueba en la siguiente figura:

[76] Ligados al abastecimiento de la población, al comercio y a las industrias conectadas a la red.
[77] Según datos del Censo Agrario de 2009 (INE) y Encuesta sobre el uso del agua para abastecimiento (INE 2011). El Informe de Fiscalización del ciclo urbano del agua en Madrid, de 2005, establece un 33% para agricultura y el resto para usos urbanos e industriales.

Figura 44. Asignaciones de recursos en los sistemas del SICA en hm^3



Fuente: Plan Hidrológico Tajo (CHT, 2014). Elaboración propia

Madrid destaca y con mucha diferencia como gran consumidor de recursos hídricos destinados al abastecimiento urbano, por lo que se ve en la necesidad de incrementar la presión, no sólo en sus recursos, sino en otros ajenos.

En cuanto a posibilidades de ahorro, el Plan de Cuenca establece valores para los retornos del abastecimiento urbano en un 80% y en un 16% para los regadíos. A pesar de que el uso agrícola es minoritario en la Comunidad de Madrid, con una dotación que supone un tercio de la demanda para usos urbanos, es un uso igualmente consuntivo y por tanto a tener en cuenta en la planificación de recursos hídricos. En la cuenca del Tajo se puso en marcha en 2006 el Plan de Modernización de Regadíos, con la finalidad de liberar agua que pudiese redistribuirse para abastecimiento o para usos ambientales. Desgraciadamente no ha sido así, y los ahorros derivados de la modernización de algunos regadíos han servido para aumentar la superficie regable. En el caso de la zona del canal de Estremera o del Canal de las Aves, la situación se agrava si tenemos en cuenta que en periodos de sequía[78] han vendido parte de las dotaciones que les correspondían, a los

[78]. La modernización de los regadíos ha tenido un coste de 32,77 millones de euros y han supuesto un ahorro de 8,4 hm^3 /año del total de 31 hm^3 que tenían en 2006 de dotación (CHT, 2010.Ficha 2.12).

usuarios del Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo Segura (SCRATS), con el consiguiente perjuicio para el Eje del Tajo por la falta de retornos procedentes del riego. Esto ha sido posible debido a la aprobación del Real Decreto-Ley 15/2005, de 16 de diciembre, de medidas urgentes para la regulación de las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua. (BOE, 2005), que el gobierno aprobó ante la acusada sequía de esos años, y que permitió el uso de las infraestructuras de trasvase inter-cuencas para las ventas de derechos de agua. Así, entre los años 2004 y 2011 ha habido ventas periódicas de agua a través de contratos de cesión entre particulares. En este sentido, la Comunidad de regantes (C.R.) de Estremera vendió entre 2005 y 2009, 126 hm^3 al SCRATS; la C.R. del Canal de las Aves vendió entre 2006 y 2008, 45 hm^3 a la Mancomunidad de Canales del Taibilla (Almería); y la C.R. Illana-Leganiel ha firmado un Acuerdo marco por el que cede durante 10 años, hasta 2021, los 10 hm^3 que le corresponden como dotación al SCRATS (Gallego y Hernández Mora, 2013).

Estas ventas de agua y la consiguiente disminución de recursos por la falta de caudales circulando por el Eje del Tajo, repercuten no solo en las ciudades ribereñas del río, como Aranjuez, que está al sur de la Comunidad de Madrid, sino en el resto del territorio, que ve con estas acciones, mermada su capacidad de desarrollo futuro si este tipo de actos se consolidan. En este sentido además, la Ley de Evaluación Ambiental (BOE, 2013) que ha entrado en vigor el 9 de diciembre de 2014, legisla a favor de la compra-venta de derechos de agua entre particulares, más allá de situaciones especiales, como había venido ocurriendo hasta ahora, regulado por Decretos de Sequía dictaminados por el Gobierno de turno.

3.4. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID.

Como se ha explicado en apartados anteriores, Madrid dispone de un complejo sistema de captación, regulación, conducción, potabilización y distribución, con grandes arterias de conexión[79], depósitos reguladores, estaciones de elevación y canalizaciones, distribuidas por todo el territorio, que hacen posible suministrar agua de calidad a 6,5 millones de habitantes.

[79] El Sifón del Pardo y la Arteria de Cintura Sur que intercomunican recursos de unas presas a otras.

La adecuada gestión de la demanda es la pieza clave en un sistema de abastecimiento y su conocimiento presenta una gran complejidad que raramente se aborda desde todos los ámbitos. Es necesario establecer procedimientos en escenarios de normalidad operacional y en escenarios de escasez que precisen de medidas de gestión coyuntural (Cubillo, 2003).

Tradicionalmente el Canal de Isabel II ha llevado a cabo una política de aumento de la oferta sin gestionar la demanda, salvo en periodos de escasez meteorológica (Baeza, Hernández Mora, 2006). Sin embargo, las previsiones futuras sobre cambio climático y la disminución real de las aportaciones naturales, están influyendo para que desde las Instituciones públicas (CYII y Ayuntamiento de Madrid) se empiece a valorar tímidamente, la aplicación de políticas de gestión de la demanda. Y ello, entre otras cosas, porque las limitaciones en la disponibilidad de recursos hídricos obligan a planificar de forma realista y teniendo en cuenta otras variables, que hace unos años o no se consideraban, o no se tenían en cuenta. Ahora, la aplicación de Directivas Europeas[80] cuyos objetivos son la consecución del buen estado de ríos y acuíferos; o la promulgación de Leyes de ámbito Estatal[81] o Autonómico[82] que exigen que esté garantizado el recurso hídrico previo a desarrollos urbanísticos; o determinadas Normas o Planes[83] a nivel local, con medidas encaminadas al aumento de la eficiencia en el uso del agua, son el ejemplo de que desde las Administraciones se reconoce la necesidad de un cambio hacia nuevos modelos basados en la gestión integral del agua.

Aún así, aún queda mucho camino por andar, y en el 2006, en periodo de sequía, el lema de la campaña de concienciación que el CYII lanzó llevaba el título de "Madrid Necesita Más Agua", enfatizando así la necesidad de incrementar la oferta más que la necesidad de controlar la demanda (Baeza, Hernández-Mora, 2006). Además, la falta de coherencia en el diseño de una ciudad como Madrid, con un modelo territorial expansionista y especulativo ha favorecido constantemente mayores demandas de recursos hídricos.

---

[80] *CE (*2000) Directiva Marco del Agua del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua/ CE (1971) Directiva 91/271 /CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas y otras.

[81] R.D. Legislativo 2/2008 de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo. El Texto Refundido de la Ley de Aguas, en su artículo 25.4 , dice que "los requisitos de suficiencia y disponibilidad de agua se integran como condiciones esenciales para autorizar la aprobación de actos de desarrollo urbanístico que supongan nuevas demandas de recursos hídricos"

[82] Ley 4/2008 de 15 de septiembre de medidas sobre Urbanismo y Suelo

[83] Plan del Agua del Ayuntamiento de Madrid

3.4.1. ¿CÓMO SE CONSUME EL AGUA EN MADRID?

El consumo de agua está estrechamente relacionado con el número de habitantes y con el clima[84], aunque hay otros factores de relevancia que intervienen, como son la eficiencia del servicio, el estado de las redes e infraestructuras, la estacionalidad, el nivel socioeconómico, el modelo territorial, la tipología de las viviendas, el número de hogares (número de habitantes por vivienda), la concienciación ciudadana o el precio de las tarifas.

Desde 2004, hay una tendencia a una ligera disminución en el agua distribuida[85], a pesar de que la población ha continuado aumentando hasta 2012. Las causas pueden deberse a la situación de crisis actual; a una mejora en la eficiencia y el ahorro en las redes de distribución en los hogares[86] y en las industrias; y a la aplicación de bloques tarifarios en los consumos. La sectorización y monitorización de una parte de las infraestructuras, ha permitido un mejor control del volumen de fugas, roturas o fraudes, por lo que el volumen de agua distribuida y no facturada ha disminuido.

3.4.1.1. Variables que inciden en el consumo

- Temperatura.- El aumento de la temperatura tiene un aumento potenciador del consumo. Según Cubillo et al (2001)[87], para temperaturas máximas diarias de 40º C, el consumo es un 50% superior que cuando la temperatura es de 5ºC.

- Estacionalidad.- En Madrid, los meses de agosto y diciembre se registran consumos nulos en viviendas plurifamiliares, sobretodo. Sin embargo, la población estacional aumenta en la zona de la Sierra en cerca de un millón más de personas.

- Tipología de la vivienda.- Superficie de la vivienda, aislada o compacta. Las viviendas unifamiliares consumen más agua que las plurifamiliares por el riego de jardines y el llenado de piscinas.

[84] El clima puede ser inhibidor o potenciador del consumo.
[85] Ver figura 45.
[86] El ahorro en los hogares es debido a varios motivos: eficiencia en los electrodomésticos, dispensadores en grifos y cisternas de ahorro, aumento del precio de las tarifas y mayor concienciación.

[87] "Los usos finales del agua como base para la caracterización y predicción de la demanda en la Comunidad de Madrid", página 4

- Usos finales o microcomponentes.- Electrodomésticos y fontanería eficiente; y control de roturas y fugas. Según el Informe de la Cámara de Comercio (2008) , el 96% de la población afirmaba haber tomado medidas para ahorrar agua (73,1% con dispositivo economizador de agua y el 34% con limitador de descarga de la cisterna)

- Redes e infraestructuras en buen estado. El número de roturas por kilómetro de red ha disminuido.

- Precio adecuado de las tarifas. Tarifas con un impuesto fijo, como en Madrid, sea cual sea el consumo, no incitan al ahorro.

- Usos del suelo. El 66,6% del territorio de la Comunidad de Madrid, está catalogado con alguna categoría de suelo urbano[88]. Existen 2.932.415 viviendas, lo que significa que hay prácticamente una vivienda para cada dos personas. En el área urbana las viviendas de 2º residencia son el 3%, mientras que en el norte suponen el 50%. La revisión del PGOU de Madrid, prevé la construcción de 200.000 nuevas viviendas. Y otros planes contemplan la construcción de 32.000 nuevas viviendas en la capital.

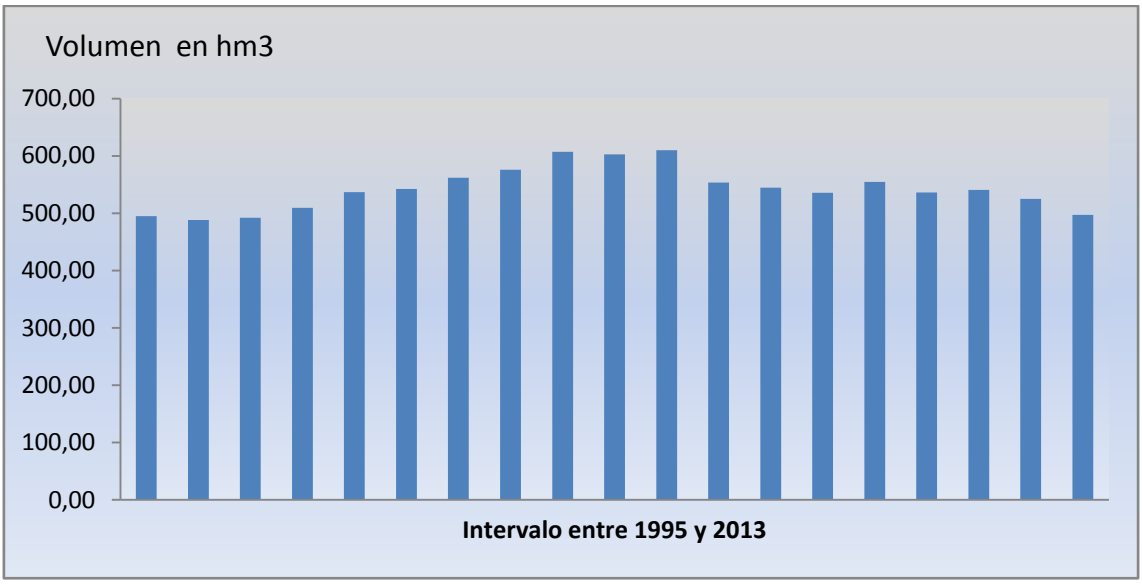
3.4.1.2. Parámetros volumétricos del ciclo de suministro

La distribución del volumen de agua derivada desde las fuentes de origen hasta llegar a los distintos usuarios sufre variaciones por pérdidas, roturas, volúmenes no controlados y usos operacionales del sistema que es necesario valorar para cuantificar las necesidades hídricas. Si comparamos los gráficos de las Figuras 45 y 46 de la página siguiente, se constata una diferencia anual de unos 100 hm^3 entre el agua derivada y el agua distribuida y registrada. Esa diferencia correspondería a pérdidas en las redes y a otros volúmenes no controlados. Si se analiza el año 2011, vemos que el volumen derivado desde los embalses es de 540 hm^3, mientras que el agua registrada y distribuida para usos urbanos es de 446 hm^3. Por tanto, hay 94 hm^3 que "no controlados", que representan el 17,5%.

Asimismo, los datos de gráfico del la Figura 46 muestran como, a partir del año 2004, el volumen de agua distribuida y facturada disminuye y se pasa de 510,63 hm^3 en ese año, a 446,42 hm^3 en 2011; es decir, el volumen distribuido ha disminuido en un 12,5%, a pesar de que en ese periodo la población ha aumentado en un 8,1% (de 5.964.000 habitantes, se ha pasado a 6.489.242).

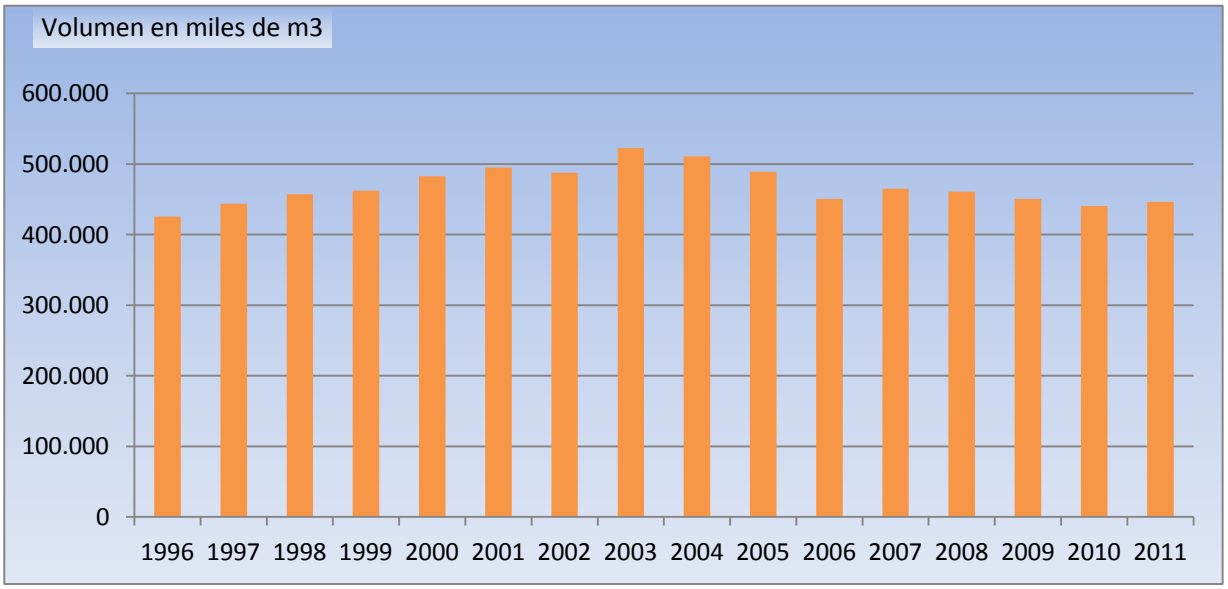
[88] Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Figura 45. Volumen de agua derivado desde los embalses



Fuente: Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia.

Figura 46. Volumen total de agua registrada y distribuida en miles de m^3



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE (2012)

Sin embargo, hay que tener en cuenta que aquí no están incluidas ni las pérdidas reales, ni las aparentes[89], que podemos deducir si comparamos los volúmenes en ambos gráficos en cada año. Las pérdidas se sitúan a lo largo de estos años entre el 14% y el 19% No obstante, estos datos hay que tomarlos con cautela puesto que puede haber consumos públicos no medidos, así como otros parámetros difíciles de contabilizar.

Tabla 22. Diferencia entre volúmenes derivados y distribuidos

AÑO	Aportaciones naturales	Volumen embalsado	Volumen derivado	Volumen facturado
2011	753	719	540	446
2012	251	510	524	429

Fuente: Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia.

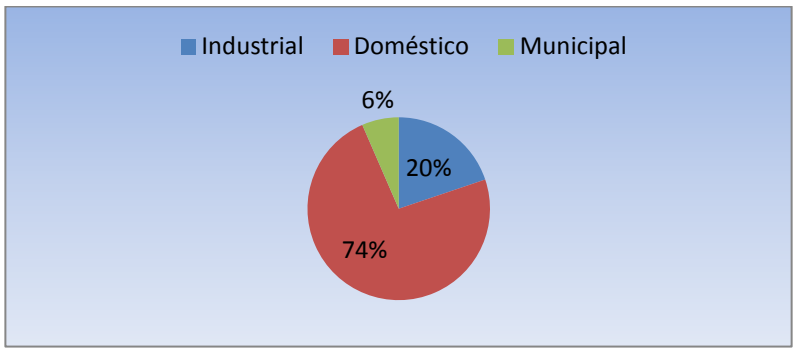
De un análisis breve de la Tabla anterior, se puede deducir varias cosas:

- La variabilidad en el régimen de aportaciones naturales
- La necesidad de una gestión plurianual en los embalses, ya que en 2012 el volumen consumido supuso casi el doble las aportaciones naturales de ese año.
- La obligación de tener en cuenta los volúmenes no facturados de agua (pérdidas, roturas, fraudes y otros)

3.4.13. Distribución del agua por sectores

Como se ha comentado, el sector que más consume, es el doméstico que en 2011 supuso el 73,3% del total de usos. En este mismo año, la distribución fue de un 19% para el sector industrial y un 6,5% para usos municipales.

Figura 47. Distribución del consumo por sectores.

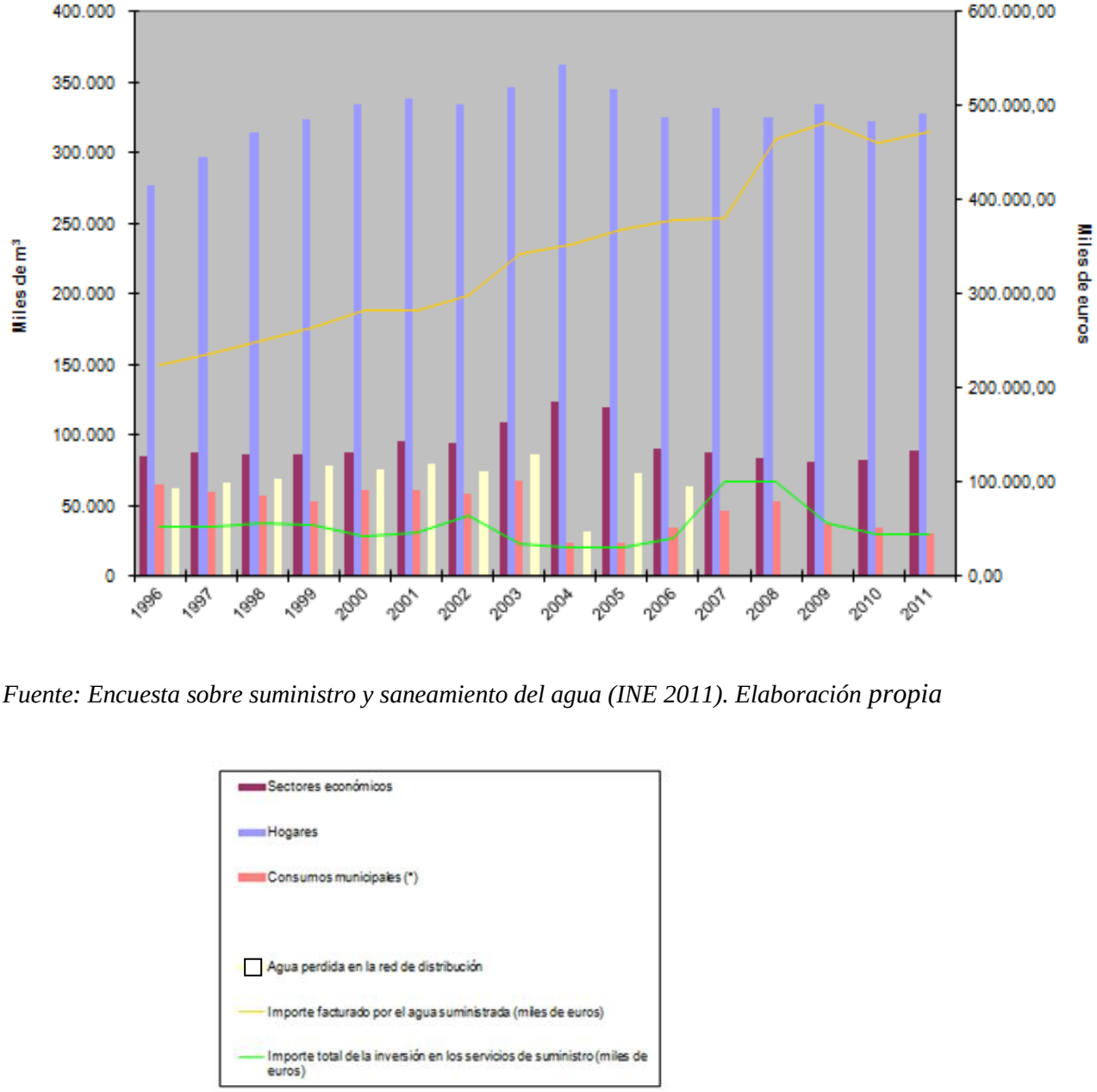


Fuente: INE, 2011

[89] Las pérdidas aparentes incluyen las estimaciones de agua no medida y no facturada. Las pérdidas reales son las derivadas de roturas en grandes conducciones o en distribución y los fraudes.

Del análisis de los datos de la Figura 48, en la página siguiente, todos los sectores que habían ido aumentando la demanda de año en año, comienzan ligeramente a disminuir el consumo desde 2004. Entre 2005 y 2007, llama la atención el descenso de los consumos municipales, probablemente por coincidir con la sequía de esos años, en la que se tomaron medidas como prohibir el riego de jardines y los baldeos de calles. Asimismo, las pérdidas (diferencia entre el agua suministrada y el agua medida en los consumos finales) suponen un volumen importante, equiparable al consumo de los usos industriales o económicos.

Figura 48. Distribución del agua por sectores y precio



Fuente: Encuesta sobre suministro y saneamiento del agua (INE 2011). Elaboración propia

Otro dato a destacar de la Figura anterior es la diferencia entre el importe económico obtenido por la facturación del consumo a los usuarios, y las inversiones realizadas en mejoras del servicio. Llama la atención, que el precio de la factura por el suministro de agua ha aumentado entre 1996 y 2011 en un 47%; y sin embargo, las inversiones han disminuido en un 15,1%. El coste unitario del m^3 de agua en Madrid es de 1,90 euros/m^3 (1,22 euros/m^3 por el suministro y 0,70 euros/m^3 por el saneamiento), más caro que la media en España[90] que está en 1,73 euros/m^3. Canal de Isabel II Gestión ha instaurado el cobro por bloques tarifarios, lo cual es positivo para disuadir de grandes consumos; sin embargo, en la factura agua del agua incluye una parte fija, o cuota de servicio, que es invariable, lo cual es contraproducente como medida para incentivar el ahorro.

En cuanto a la recuperación de costes del recurso, la CHT establece un 78% para uso doméstico y un 58% para regadío (Informe OPPA, 2014).

3.4.1.4. Factores que intervienen en el consumo doméstico

Existen distintos aspectos que influyen en el consumo de agua en los hogares, entre los que podemos citar: la superficie y tipología de la vivienda, el nivel económico, el empleo de sistemas de ahorro en el hogar y los hábitos personales.

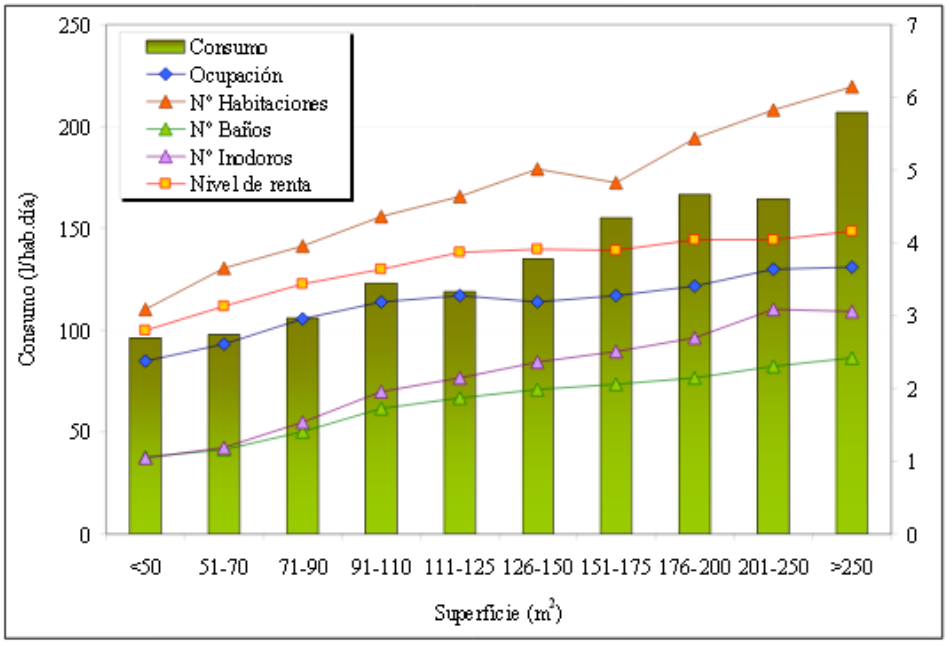
Entre 2001 y 2011 el número de viviendas en Madrid aumentó en un 16,8% pasando de 2.478.000 a 2.894.580 (INE 2013). Según el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, un 66% del territorio de la Comunidad de Madrid, está clasificado en alguna categoría de suelo urbano. Las estimaciones apuntan a que una mayor superficie de vivienda suele ser el reflejo de un mayor nivel de renta y por tanto implica un aumento en el consumo por habitante y día. La información de la Figura 49, corrobora esta afirmación de que, a mayor superficie de la vivienda, mayor consumo, por el número de baños, habitaciones y nivel de ocupación.

Además, las viviendas aisladas tienen consumos de agua mucho más elevados que las viviendas plurifamiliares asentadas en zonas urbanas tradicionales. Presentan asimismo, pautas de mayor consumo estacional en primavera y en verano (riego de jardines y piscinas). Entre 1991 y 2004, se ha triplicado en número de viviendas unifamiliares con piscina en la Comunidad de Madrid y muchas de ellas son viviendas de residencia habitual.

[90] Según datos de la Encuesta sobre suministro y saneamiento del agua en 2012.

Según el INE, en 2004 había en Madrid 350.000 viviendas unifamiliares, que representaban aproximadamente el 15% del total. Los consumos en este tipo de vivienda se sitúan en 600 litros/habitantes/día, mientras que en una vivienda plurifamiliar es de 400 litros/habitantes/día (Cubillo, Ibáñez, 2003).

Figura 49. Consumo por habitante y día según superficie de la vivienda



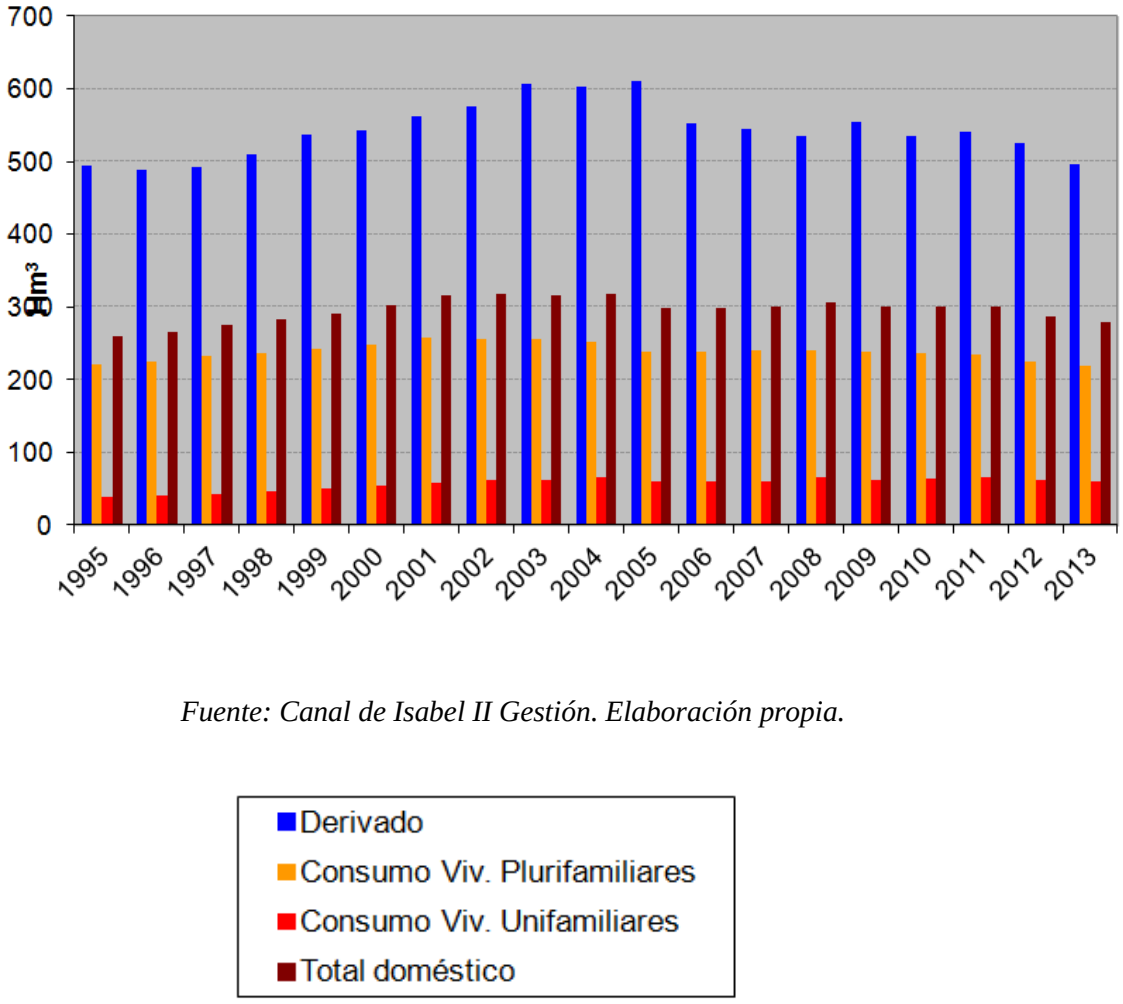
Fuente: *Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid* (*Cubillo, 2001)*

El gráfico de la Figura 50 muestra el volumen destinado a viviendas unifamiliares y plurifamiliares, siendo los valores absolutos mayores en viviendas plurifamiliares, porque su número es considerablemente mayor. Sin embargo, en términos relativos, el consumo es considerablemente mayor para la vivienda unifamiliar. Según los datos aportados por el CYII, las viviendas unifamiliares representaban el 17,2% de los consumos domésticos en 1995; en 2013 esta cifra se había elevado hasta un 27,3%, mientras el consumo de vivienda plurifamiliar había disminuido[91]. El incremento de la superficie urbana en Madrid fue del 49,4% entre los años 1987 y 2000. El número de viviendas unifamiliares supone en la actualidad el 24% del total de viviendas en la Comunidad de Madrid (Moliní, Salgado, 2010 p.132) que se distribuyen básicamente en la corona metropolitana del norte y noroeste y en los municipios de la Sierra. En estos municipios hay un 50% de segunda

[91] En 1995 el consumo en viviendas plurifamiliares fue de 220,4 hm3 y en 2013 de 219 hm3.

residencia, con una población estacional que se concentra en épocas de vacaciones en la zona de la Sierra y alcanza casi el millón de habitantes, lo que dispara el consumo en esas zonas.

Figura 50. Relación entre el consumo de vivienda unifamiliar y plurifamiliar con respecto al toral doméstico derivado (en hm^3)



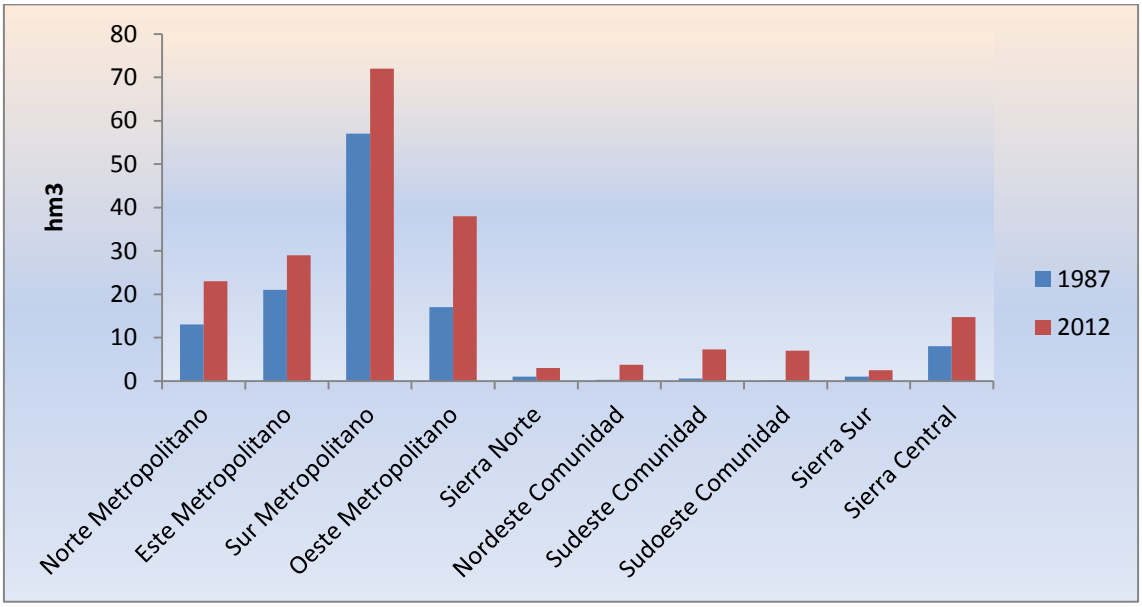
Fuente: Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia.

3.4.1.5. Distribución del consumo por zonas

La distribución de consumos en Madrid y el resto de municipios, varía en función de los factores que hemos citado hasta ahora. En la Figura 51 de este apartado, se observa un aumento vertiginoso en el consumo de la zona Sur metropolitana de Madrid, asociado a la mayor densidad poblacional. Madrid capital ha disminuido el consumo en más de 200 hm^3

entre los años 1987 y 2012, a pesar de que la población aumentó en un millón más de personas. Las razones ya se han expuesto en otros apartados. A finales de 1980 el consumo por persona y día era de 320 litros. En 2012, la cifra ha descendido por debajo de la media nacional[92], es decir, 135 litros/habitante/día (INE, 2014)

Figura 51. Variación de consumos de la zona metropolitana y resto con excepción de Madrid capital



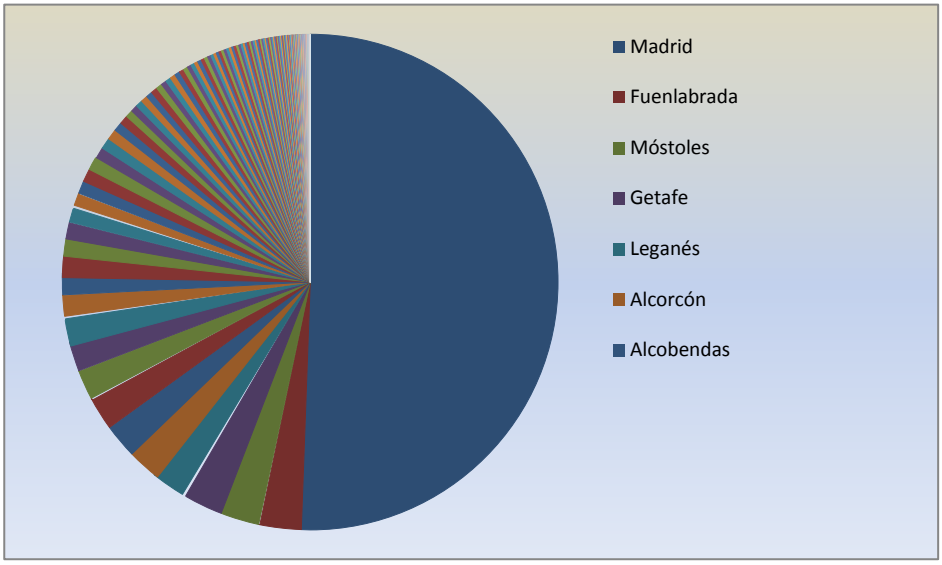
Fuente: Datos de Canal de Isabel II Gestión (CAM, 2014d). Elaboración propia

La demanda urbana en la Comunidad de Madrid en 2012 ha sido de 410.236 m^3, de los cuales 207.604 m^3 corresponden a la ciudad de Madrid y el resto a la provincia, es decir, en torno a un 50% cada uno, como podemos ver en la Figura 52. Sin embargo, el volumen derivado ascendió a 510 hm^3, sustancialmente superior a los 410 hm^3 facturados.

En la Figura 53, se ha excluido Madrid y observamos que los mayores consumos de la corona metropolitana se dan en la zona sur (Fuenlabrada, Móstoles, Getafe, Leganés, Alcorcón), seguidos por un municipio de la zona norte (Alcobendas), otro de la zona este (Torrejón) y por último Pozuelo en el oeste metropolitano.

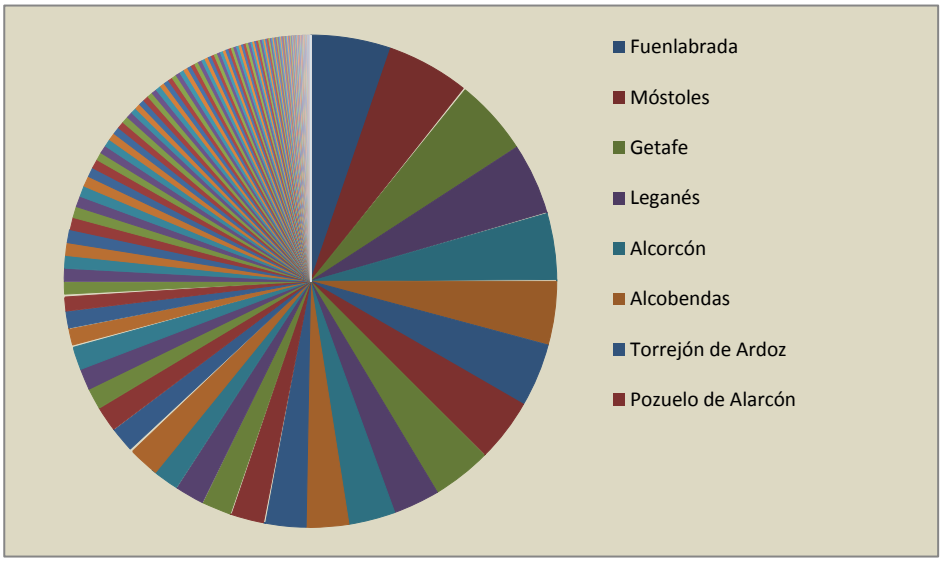
[92] La media en España está en 137 litros/habitante/día, según la Encuesta sobre el abastecimiento y saneamiento en España en 2012 (nota de prensa del 5 de noviembre de 2014 del INE).

Figura 52. Consumo de agua de Madrid y resto de municipios en 2012. Valores absolutos



Fuente: Datos de Canal de Isabel II Gestión (CAM, 2014d)

Figura 53. Consumo de agua por municipios excluido Madrid. Datos 2012. Valores absolutos.



Fuente: Datos de Canal de Isabel II Gestión (CAM, 2014,d)

Por último decir, que aunque el consumo de agua ha disminuido en Madrid, también lo han hecho las aportaciones a los ríos, y ha aumentado la incertidumbre en la garantía del recurso por las predicciones climáticas futuras. Asimismo, las previsiones demográficas en

Madrid apuntan a un aumento del número de hogares para 2029 de un 12,9%[93]. Más aún, los actuales Planes Urbanísticos contemplan aumentar la edificación con 232.000 nuevas viviendas en la Comunidad de Madrid.

Según Naredo et al. (2008, p.120), puede que "el descenso del consumo de agua de Madrid no sea tal, sino un desplazamiento geográfico a otros lugares, en forma de agua virtual, ya que se ha pasado de 1.169 m3 en 1984 a 1.667 m3 per cápita y año en 2005. La importación de agua virtual multiplica por 8 a la generada en el propio territorio."

3.5 SANEAMIENTO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

La aprobación de la Directiva Europea 91/271 (CE, 1991) sobre depuración de aguas residuales urbanas y la transposición a nuestra legislación, a través del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, (BOE, 1995) por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas fue un factor de mucho peso para que se extendiese la red de depuración en nuestro país, y por extensión, a la Comunidad de Madrid.

3.5. 1 Antecedentes de la depuración en Madrid capital

La primera depuradora que funcionó en Madrid con un tratamiento primario fue La China (río Manzanares) en 1934. Con la puesta en marcha del Plan General de Estaciones Depuradoras de 1967, se construyeron Butarque y Viveros en el río Manzanares y Rejas en el río Jarama, aunque el agua tratada no alcanzaba a la mitad del total de las aguas residuales que se generaban en la capital.

El primer paso en una nueva concepción de la planificación global, lo dio en 1977 el Ayuntamiento de Madrid, al establecer el Plan de Saneamiento Integral de Madrid I (PSIM), que abarcaría hasta 1984[94]. En esta época se remodeló la red del alcantarillado y se construyeron además, las EDAR de Sur y Sur Oriental en el río Manzanares y en el Jarama respectivamente. Posteriormente, con el Plan de Saneamiento Integral II (1997/2003) se mejoraron redes y tratamientos, con la implantación de sistemas de

[93] Nota informativa INE 28 de octubre de 2014, sobre Proyección de Hogares entre 2014 y 2029

[94] A principios de los años 80 del pasado siglo, solo recibían tratamiento primario y secundario el 5-10 % de las aguas vertidas (14 m^3/s de media; 7,3 hm^3/año). El 60% tratamiento parcial, y el 35% se vertían sin ningún tratamiento. A partir de Viveros, el Manzanares era una cloaca a cielo abierto

eliminación de nitrógeno y fósforo. En 2005 se aprobó el plan Madrid Dpura para fomentar la depuración y reutilización del agua, que abarcaba hasta 2010.

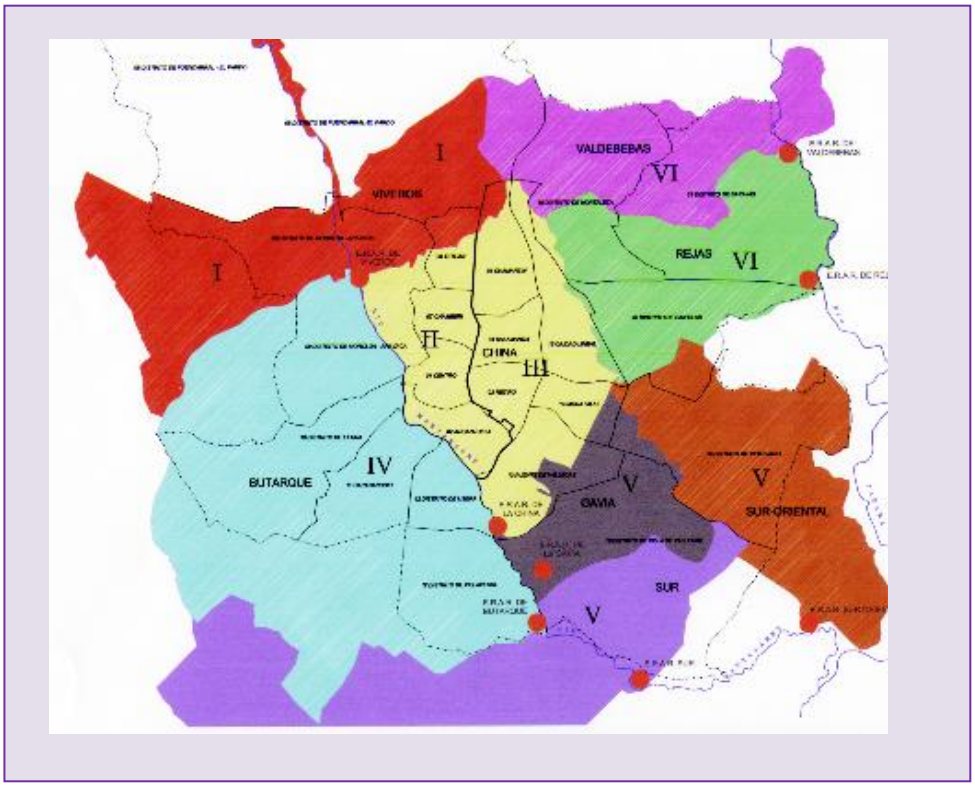
En 2005 se construyó la última de las 8 depuradoras de Madrid, la de La Gavia, al sur en el Manzanares, con un presupuesto de 57 millones de euros. La capacidad del agua tratada por las 8 depuradoras de Madrid es de 273.099.243 m^3/año. Madrid capital depura sus aguas residuales al 100%, aunque el rendimiento no supera el 97%, y un 3% sobre un volumen tan grande, es importante. Así, la depuradora de la Gavia que es la más moderna y la que aplica las tecnologías más avanzadas, elimina el 97% de materia orgánica y sólidos en suspensión, y el 85% de nitrógeno y fósforo. Las ocho depuradoras aplican tratamiento primario y secundario, y solo Viveros de la Villa y La China, tienen depuración terciaria, debido a que vierten al río Manzanares en su tramo urbano.

Tabla 23. Depuradoras de la ciudad de Madrid

	Viveros	**La China**	**La Gavia**	**Butarque**	**Sur**	**Sur Oriental**	**Valdebebas**	**Rejas**
Año construcción	1983	1982	2005	1983	1983	1984	1982	1977
Tratamiento 3º	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Tratamiento reutilización	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI
Cuenca	MA	MA	MA	MA	MA	MA	JA	JA

Elaboración propia a partir de datos del PSIM del Ayuntamiento de Madrid
MA= Manzanares; JA= Jarama

Figura 54. Estaciones depuradoras de aguas residuales de Madrid y principales colectores



Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la CAM (2014e)

3.5.2. Depuración en el resto de la Comunidad Autónoma

Con la creación del Estatuto de Autonomía[95], la CAM asumió funciones como la de ofrecer un abastecimiento de agua eficaz, con garantía de cantidad y calidad, y de un saneamiento que minimizase el impacto medioambiental sobre los ríos, que se materializó en la promulgación de la Ley 17/1984, de 20 de diciembre, reguladora del abastecimiento y saneamiento de agua en la CAM. Al amparo de esta cobertura legal, surgió el *I Plan Integral del Agua en Madrid (PIAM, 1985*), que abarcaría los años de 1985-1991, cuyo principal objetivo era el suministro de agua y la depuración a todos los municipios que

[95] Ley Orgánica 3/1983 de Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid, art. 26 "Se confiere plenitud de función legislativa en lo relativo a las obras públicas de interés de la comunidad, dentro de su territorio y de los proyectos de construcción y explotación de los aprovechamientos hidráulicos de interés de la comunidad.
La CAM otorgó la gestión del ciclo del agua a la empresa pública CYII.

careciesen[96] de él, además de intentar alcanzar niveles de buena calidad en embalses y disminuir contaminación de los ríos. En este periodo se construyeron 57 depuradoras en municipios de la CAM con un coste de 43.000 millones de ptas (260 millones de euros)

Tras su conclusión se elaboró el nuevo *Plan de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuale*s (PSD), para el periodo 1995-2005, con un coste que ascendió a 133.000 millones de ptas (800 millones de euros). Se construyen 85 nuevas EDAR con sistemas de colectores y emisarios, se ampliaron 29 y se mejoró la depuración en 14 EDAR situadas en zonas sensibles. Este Plan se solapó con el Plan 100% Depura (200-2004), en el que se construyeron 75 nuevas depuradoras, con un presupuesto de 600 millones de euros. Al finalizar este periodo, se habían construido el total de depuradoras de los 179 municipios de la Comunidad de Madrid. En la actualidad hay 156 EDAR, de las que 154 son gestionadas por Canal Gestión. La inversión en distintos Planes de depuración desde 1980 ronda los 3.800 millones de euros (ver tabla 20, página 85 de este trabajo). Sin embargo, a pesar de todas estas intervenciones, infraestructuras y el gran desembolso económico, lo cierto es que la gran presión urbana e industrial que se desarrolla en la región, genera un gran volumen de contaminantes, que los sistemas de depuración no pueden neutralizar.

3.5. 3. Reutilización

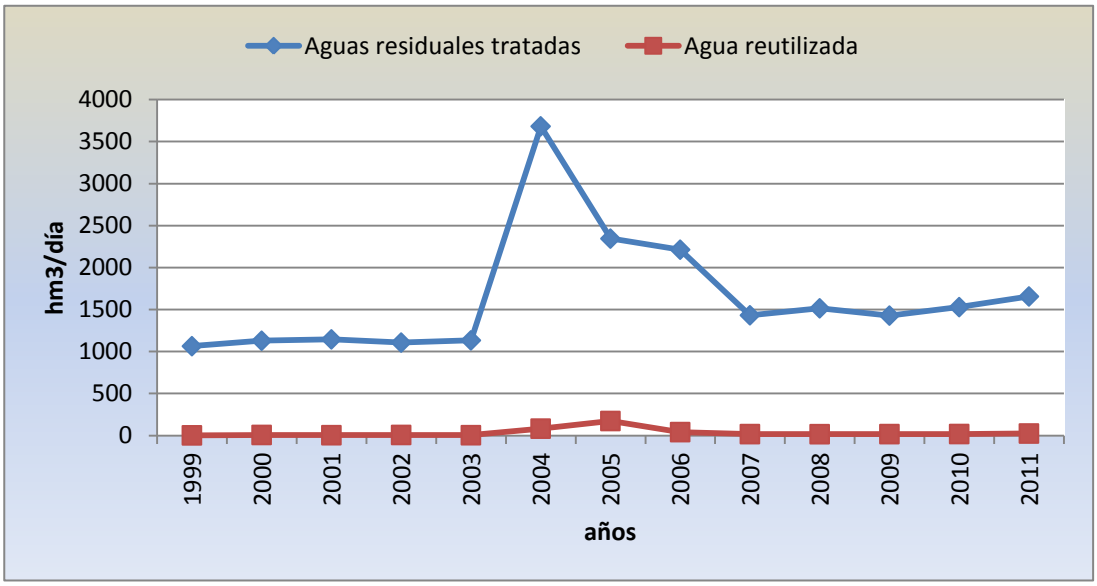
Los Planes de Gestión de la Demanda del Ayuntamiento de Madrid y del Canal de Isabel II, además del Plan Integral del Agua y el Plan Dpura, contemplan la reutilización a partir de aguas residuales tratadas. Se pretendía alcanzar con su aplicación un volumen de 40 hm^3, aunque las expectativas previstas no se han cumplido. Así, en 2004, el volumen de agua que se usó para reutilización supuso en 2,2% del total de aguas depuradas; mientras que en el año 2011, apenas supuso el 1,4% del total y en el 2012 solo el 1,8%. En la Figura 55, se puede visualizar la diferencia considerable entre el volumen de aguas residuales tratadas[97] y el volumen de agua reutilizada, en hm^3/día. (Para ampliar información sobre reutilización en Madrid, remitimos al apartado 2.3.3 "Recursos no convencionales: reutilización" de este trabajo).

[96] Las primeras actuaciones del PIAM se centraron en controlar los vertidos más críticos: los núcleos urbanos que vertían directamente a los embalses de abastecimiento, las grandes aglomeraciones con industrias importantes y las áreas con gran población estacional de la Sierra de Guadarrama.

[97] El volumen de aguas residuales tratadas es considerablemente superior al volumen suministrado para consumo, debido a que se mezcla con las aguas pluviales y otras.

Por otro lado, el documento de Directrices del Plan Hidrológico del Tajo (CHT, 1993) ya contemplaba la reutilización de aguas residuales depuradas para el riego agrícola, detectando como problema el uso de las aguas de los ríos Manzanares y Jarama, aguas abajo de Madrid, que "si bien presentan una calidad suficiente desde el punto de vista físico-químico, desde el punto de vista microbiológico suponen un grave riesgo para la salud pública, sobre todo cuando se utilizan para el riego de hortalizas para consumo crudo" (Plan Saneamiento y Depuración de Madrid 1995-2005, p.31).

Figura 55. Relación entre el volumen de aguas residuales tratadas y el volumen reutilizado en Madrid



Fuente: Anuario Estadístico (CAM, 2014d). Elaboración propia

3.5.4 AFECCIONES A LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES

La situación que se configuró a partir de la década de los 60 del pasado siglo, derivada de los cambios que experimentó la capital de España, fue modificando los sistemas fluviales y a grandes rasgos se puede definir del siguiente modo:

- Afecciones a la zona de la Sierra, con ríos de aguas de excelente calidad, que fueron regulados en su cabecera a partir de 1851 para atender la demanda de la población[98], con pérdida de su régimen natural de caudales, destrucción de la hidromorfología fluvial, desaparición de hábitats y especies, además de problemas de eutrofización en algunos embalses. La regulación hidrológica a la que están sometidos

[98] Para mayor información sobre este tema, ver apartado siguiente: *3.2 El Canal de Isabel II, una pieza clave en el abastecimiento de Madrid.*

todos los ríos madrileños, "conlleva un amplio número de efectos sobre el funcionamiento ecológico y geomorfológico de los sistemas fluviales. Entre otras cuestiones, es habitual que comporte una alteración del régimen de crecidas y de los caudales de estiaje.

- Afecciones a la zona media o del piedemonte, con problemáticas derivadas de la detracción de caudales realizada aguas arriba con fines de abastecimiento, lo cual se traduce en fuertes estiajes, además de los impactos derivados por la ocupación del suelo por grandes urbanizaciones.

- Afecciones la zona baja, coincidiendo con la zona urbana, en donde el Manzanares y el Jarama a su paso por la ciudad presentan altos niveles de contaminación y malos olores, así como son obvias las pésimas condiciones del río Guadarrama y las del río Henares debido a la incorporación de las aguas residuales de polígonos industriales, entre ellos los de la zona de Alcalá de Henares.

Se ha hecho un gran esfuerzo en depuración y se han invertido muchos millones de euros de dinero público, sin alcanzar los objetivos establecidos para la consecución del buen estado ecológico de las masas de agua, tal como indica la Directiva Marco del Agua (CE/2000). Los ríos a su paso por Madrid no presentan tan malos olores como en los años 60-80 del pasado siglo, pero se han convertido en meros canales de transporte de las aguas residuales de Madrid, habiendo perdido su función como ecosistema fluvial. El Plan de Cuenca del Tajo (BOE, 2014) clasifica la práctica totalidad de los ríos Jarama, Lozoya, Manzanares y Guadarrama como ríos muy modificados y establece la imposibilidad de conseguir objetivos ambientales, en ellos, tanto por "razones técnicas, como presupuestarias." Y ello teniendo en cuenta que algunos de sus tramos están incluidos en la Red Natura 2000, por lo que la normativa establece la obligación de consecución de buen estado ecológico para 2015. Asimismo, el régimen de caudales ecológicos en la planificación, o es insuficiente o inexistente.[99]

Como se observa en la Figura 56, el volumen de agua depurada ha ido en aumento hasta alcanzar los 540 hm3 en el año 2013. De la interpretación de los datos de este gráfico se puede concluir que el rendimiento[100] ha mejorado (de un 95% se pasa a un 97%) y que ha aumentado la calidad del agua en cuanto a que es mayor la cantidad de contaminantes orgánicos eliminados, como los sólidos en suspensión o el DBO5, que de 68.651 T/año en

[99] Sobre este tema, remitimos al capítulo 5 de este trabajo

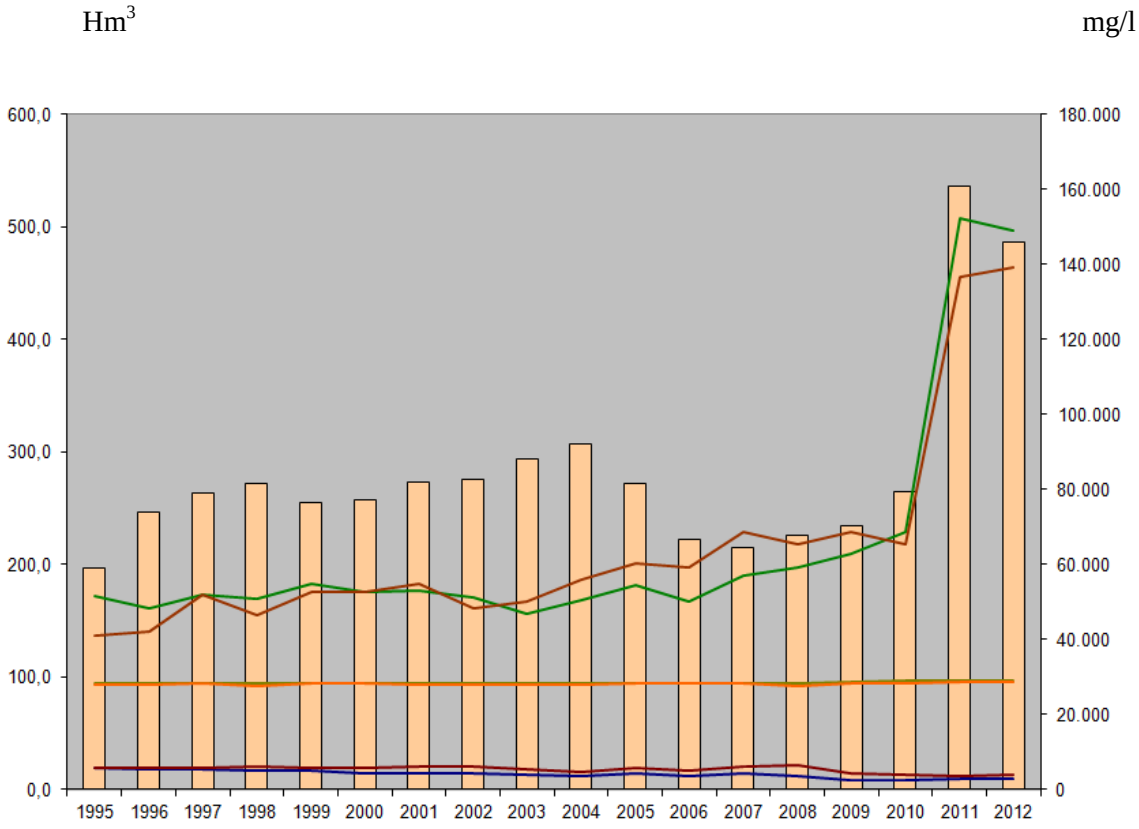
[100] Hay que tener en cuenta que un 3% que falta hasta el 100%, supone un porcentaje volumen considerable, dado el gran volumen de aguas residuales que se generan en Madrid

2010, se pasa a 149.217 T/año en 2012. Sin embargo, las depuradoras no son capaces de eliminar sustancias químicas, farmacéuticas o metales pesados, que permanecen en el efluente. Asimismo, las afecciones a los ríos van más allá por la instalación de graveras, vertederos, invasión de cauces y de las llanuras de inundación. Diversos análisis sobre la alteración hidrológica que sufren los ríos de la Comunidad de Madrid, debido a la regulación de sus cabeceras, revelan afecciones[101] de "impactos severos" o de "alto riesgo de impacto".

Los Planes y Programas puestos en marcha tanto por la Comunidad de Madrid, como por el Ayuntamiento de la capital, no han conseguido devolver el efluente a los cursos fluviales en condiciones aceptables, sobre todo porque los ríos de la Comunidad de Madrid adolecen de falta de caudal circulante, debido a la enorme presión que soportan como fuente de suministro a una población tan numerosa. Y los impactos se trasladan agua debajo de la Cuenca del Tajo. El Plan Nacional de Reutilización (PNRA 2010) contempla la posibilidad de bombear aguas residuales desde varias depuradoras de Madrid capital, hasta el embalse del Atazar para que existan caudales mínimos en el Jarama (ver figura 57). En el capítulo 5 de este trabajo se tratarán con más profundidad los impactos ambientales derivados del abastecimiento y del saneamiento, incidiendo en aspectos como la alteración hidrológica y otras afecciones en los ecosistemas acuáticos.

[101] Ver en capítulo 5, alteraciones hidrológicas de los ríos madrileños (Baeza, D., 2011)

Figura 56. Medida de varios parámetros relativos a la calidad de las aguas depuradas.



Fuente: Anuario estadístico (CAM, 2014d). Elaboración propia.

LEYENDA CON LOS PARÁMETROS REFLEJADOS EN GRÁFICO 56.

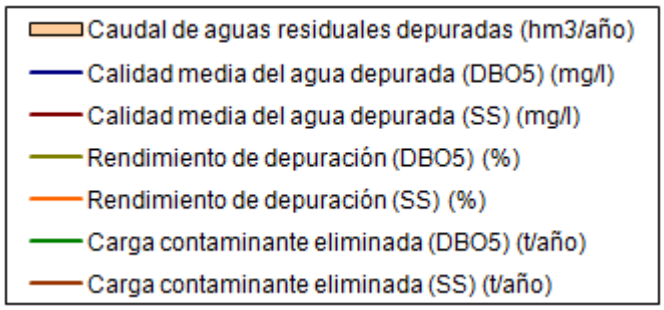
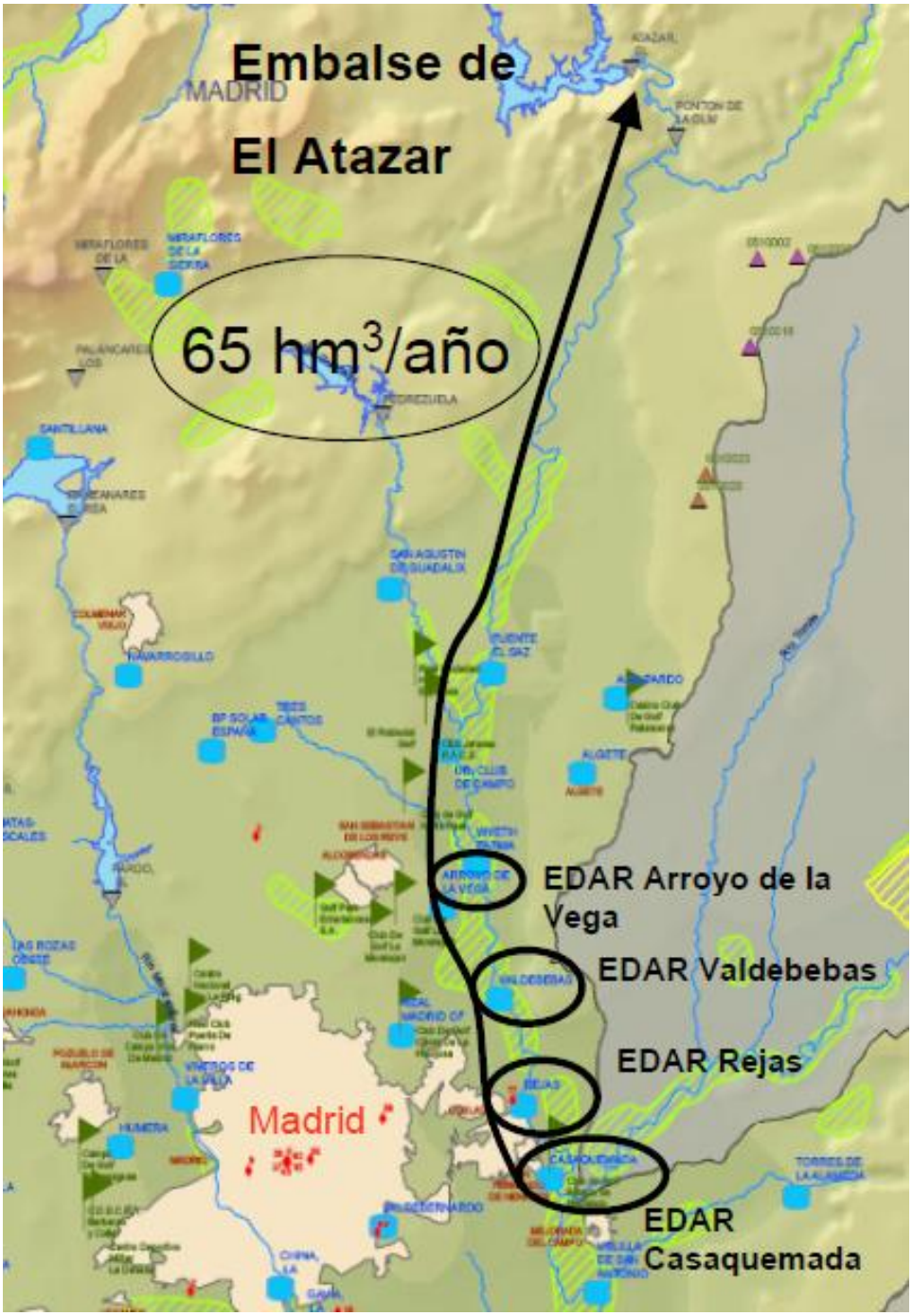


Figura 57. Transferencias de aguas residuales desde varias EDAR de la ciudad de Madrid al pie de la presa del embalse del Atazar para justificar caudales ambientales.

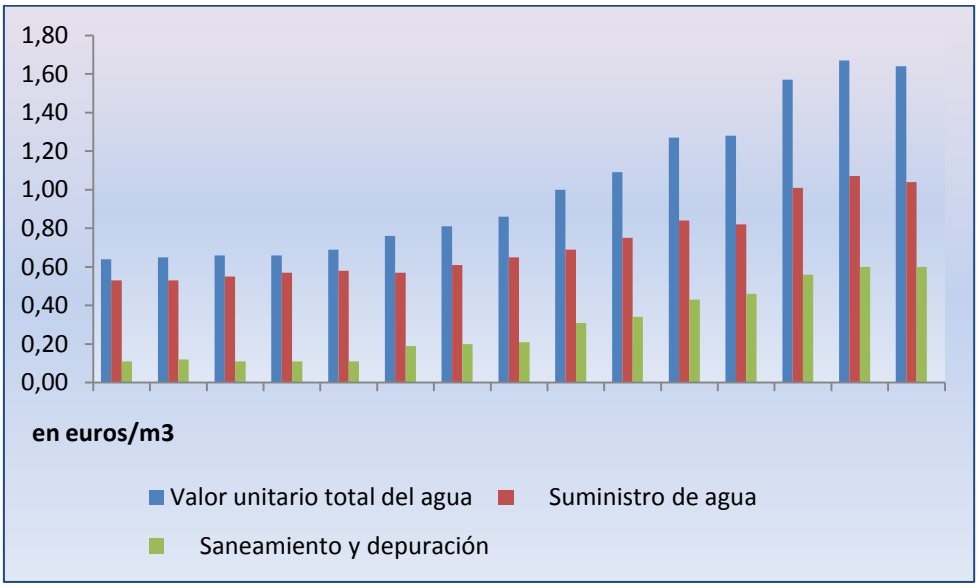


Fuente: Yagüe Córdova, 2011. Plan Nacional de Reutilización

3.6 COSTE UNITARIO DEL AGUA

El coste unitario del agua en Madrid es de 1,90 euros/m^3 (1,72 de suministro y 0,68 de saneamiento) y está por encima de la media nacional (1,70 euros/m^3), aunque muy por debajo de la media europea; en ciudades como Copenhague el precio asciende a 4,5 euros/m^3 y en Berna a 3,5 euros/m^3 (AEAS, 2010). Como se observa en la Figura 58, el precio por el suministro del agua es superior al precio que se paga por depuración. La Figura 59 muestra que las inversiones por depuración han disminuido desde 2003, mientras que las cuotas a los usuarios han aumentado hasta tres veces por encima de los costes en inversión.

Figura 58. Costes del servicio del agua



Fuente: Anuario Estadístico (CAM, 2014d) a partir de datos del Canal de Isabel II. Elaboración propia.

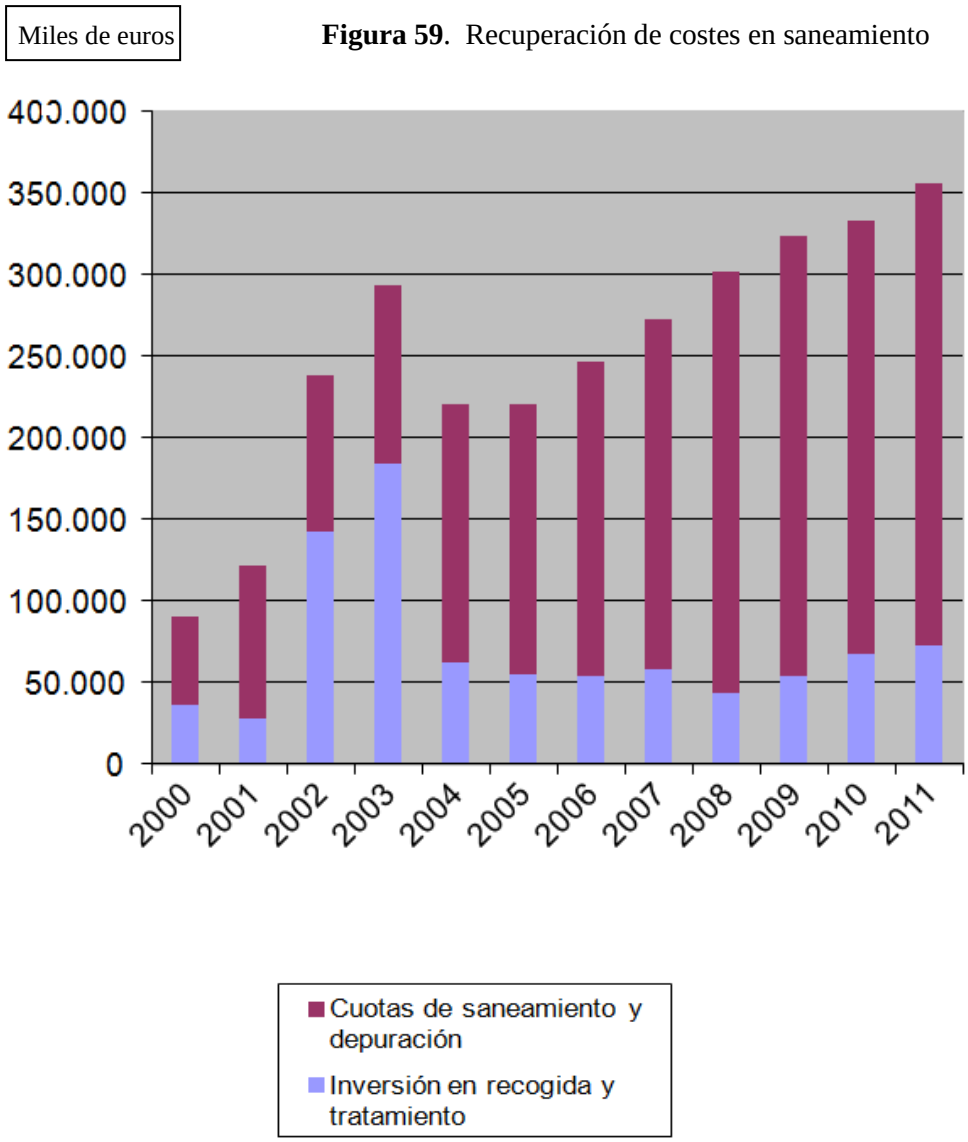


Figura 59. Recuperación de costes en saneamiento

Fuente: Anuario Estadístico (CAM, 2014d) a partir de datos del Canal de Isabel II. Elaboración propia

.

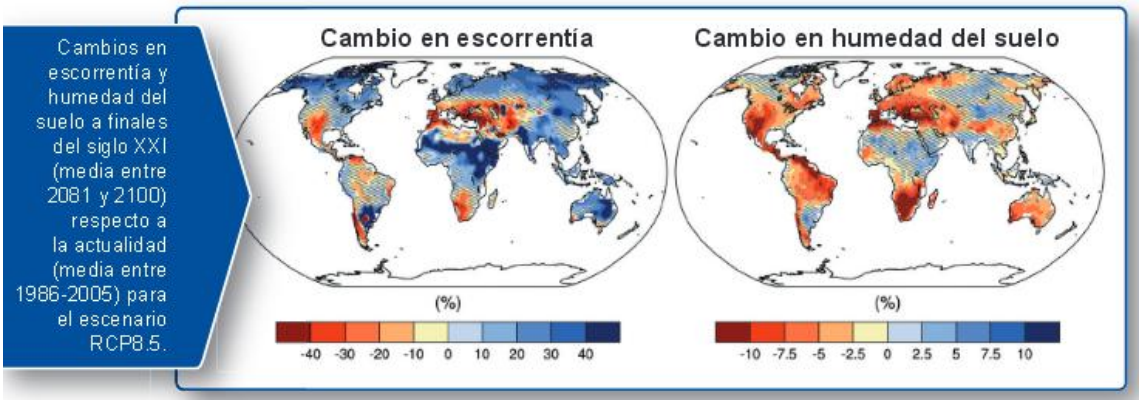
Capítulo 4. INCIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS

A lo largo de los datos en este trabajo de investigación, se ha puesto de manifiesto cómo las aportaciones naturales han disminuido en todos los sistemas hidrológicos de la cuenca del Tajo. La reducción es mayor cuanto más al este nos desplazamos y se hace más patente si tomamos datos de los últimos 20 años. Los numerosos estudios e informes científicos que existen relacionan este descenso de las precipitaciones con uno de los efectos del cambio climático en la zona mediterránea. Además, pronostican en esta área un aumento de las temperaturas medias, de la evapotranspiración y de periodos más recurrentes de sequía. Esto nos lleva a plantear un escenario de futuro en el que es necesario valorar estos factores y sus repercusiones en la sociedad y en el medio ambiente. Por ello, en este capítulo se aportarán datos sobre previsiones climatológicas en la Comunidad de Madrid y de cómo las Administraciones públicas encargadas de la gestión del agua se anticipan a situaciones de escasez a través de distintos Planes. Es muy previsible por tanto, que los efectos del cambio climático condicionen negativamente la disponibilidad de recursos hídricos para el abastecimiento de Madrid. Y que se agraven los importantes problemas que tienen los ríos y acuíferos madrileños, aumentando las afecciones ambientales sobre los ecosistemas.

En este sentido, el último Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático[102] (IPCC, 2014) ha confirmado la relación entre calentamiento global y aumento de episodios extremos, como sequías, inundaciones y olas de calor en algunos puntos del planeta. También afirma que en el hemisferio norte el periodo entre 1983 y 2012 ha sido el intervalo de 30 años más cálido de los últimos 800 años. Y que en la Región Mediterránea y Oriente Medio, el suroeste de EEUU y el sur de África se reducirán la escorrentía y la humedad del suelo en los próximos años.

[102]El IPCC es una entidad científica creada en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Se constituyó para proporcionar información objetiva, clara, equilibrada y neutral del estado de conocimientos sobre el cambio climático a los responsables políticos y otros sectores interesados.

Figura 60. Cambios en escorrentía y humedad del suelo



Fuente: Informe IPCC, 2014

En la región mediterránea, según el Informe del IPCC tendrá lugar a lo largo de este siglo:

- Un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciada en los meses estivales que en los invernales. Para finales del siglo XXI, la Región Mediterránea experimentará incrementos medios de temperatura de 3,8ºC y de 6,0ºC en los meses invernales y estivales, respectivamente.
- Una reducción de la precipitación anual sobre la península Ibérica, que será más acusada cuanto más al sur. Reducciones medias de precipitación de 12% y de 24% en los meses invernales y estivales, respectivamente.
- Un aumento de los extremos relacionados con las precipitaciones de origen tormentoso.

Ya nadie pone en duda los impactos derivados del calentamiento global y nuestro país, por su situación geográfica y carácter mediterráneo está ubicado en una zona más vulnerable que otras. "España, en el contexto mediterráneo, es un territorio de riesgo. Aquí convergen la realidad de una peligrosidad natural diversa (sismicidad, inundaciones, sequías, extremos de temperaturas, vientos intensos, etc.) y de un grado de ocupación del territorio elevado en algunas regiones. Todo ello nos sitúa en una posición destacada en el conjunto de Europa, por lo que respecta al grado de riesgo existente." (Olcina, 2009, p. 243). En el caso de la Comunidad de Madrid, los fenómenos extremos que pueden tener mayor incidencia son las sequías recurrentes y la mayor frecuencia de olas de calor con las consecuencias que de todo ello se deriva. La información aportada por las estaciones meteorológicas de la ciudad de Madrid (en la de Retiro hay datos desde hace 150 años),

revelan un aumento de la evapotranspiración, una mayor variabilidad en el régimen de precipitaciones y un aumento de las temperaturas mínimas. En la ciudad además, debido a la concentración de edificios y asfalto, se forman lo que se denomina "islas de calor", en donde el gradiente de temperatura es aún mayor. En verano el consumo aumenta actualmente en la Comunidad de Madrid en un 12% y un incremento de 2ºC de temperatura media, como se prevé en el año 2030, implicaría un consumo medio anual de un 11% más (Ibáñez Carranza, 2013).

En cuanto a los fenómenos de inundaciones, la regulación de las cabeceras de los ríos de Madrid, ha provocado una disminución de los caudales medios, además de la frecuencia de las avenidas ordinarias. Las avenidas extraordinarias, sin embargo, no pueden ser controladas por las presas (Magdaleno, 2013). La urbanización aumenta el coeficiente de escorrentía y la construcción en las vegas fluviales aumenta el riesgo de inundación.

Respecto a las aportaciones naturales de los ríos han disminuido en los últimos 20 años de un modo considerable. En los embalses de la cabecera del Tajo el descenso ha sido de un 47% y en la frontera con Portugal, en donde la climatología es más húmeda, la reducción ha sido del 28%. Las medias de las aportaciones naturales de los ríos a los embalses de Madrid han descendido en un 21% en los últimos 20 años hidrológicos (desde 1992/93), con respecto a la serie histórica de los últimos 101 años (ver figura 61).

Figura 61. Evolución de las aportaciones medias en los embalses de Madrid

EMPLAZAMIENTO	APORTACIÓN MEDIA SERIE 1913 - 2008 (hm³/año)	APORTACIÓN MEDIA SERIE 1940 - 2008 (hm³/año)	APORTACIÓN MEDIA SERIE 1979 - 2008 (hm³/año)
Pinilla	163,56	157,99	122,66
Riosequillo	52,12	54,35	46,42
Puentes Viejas	85,16	82,16	62,98
El Villar	3,13	4,36	6,54
El Atazar	60,47	59,4	52,41
Total Lozoya	364,44	358,26	291,01
Navacerrada	13,15	12,45	9,46
Manzanares	99,9	98,42	77,49
Total Manzanares	113,05	110,87	86,95
El Vado	179,08	173,59	141,99
Pedrezuela	60,54	56,61	40,04
Total Jarama-Manzanares	717,11	699,33	559,99
Navalmedio	6,66	6,51	6,28
Valmayor	24,21	23,78	21,63
La Jarosa	7,66	7,9	8,45
Total Guadarrama	38,53	38,19	36,36
Medias anuales	755,64	737,52	596,35

Fuente: Plan Especial de Eventual Sequia del Tajo (CHT, 2007b)

En cuanto al futuro, los Informes publicados sobre evolución del clima en España hacen temer que esta circunstancia se agrave. El último informe del CEDEX (2011) sobre "Evaluación del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural", usando el modelo SIMPA, establece una disminución de las precipitaciones, de la escorrentía, y de la recarga de acuíferos para toda la cuenca del Tajo, muy considerable a lo largo del siglo XXI, así como aumento de la temperatura y de la evapotranspiración, tal y cómo se puede ver en siguiente Tabla:

Tabla 24. Variación media en los parámetros climatológicos en la cuenca del Tajo

	2011-2040	**2041-2070**	**2071-2100**
Precipitación	-5%	-9%	-17%
Escorrentía	-3%	-16%	-39%
Recarga acuíferos	-4%	-5%	-16%
Evapotranspiración	+7%	+13%	+22%
Humedad suelo	-2%	-13%	-34%
Temperatura	+1,5%	+2,8%	+4,5%

Fuente: CEDEX según escenario A2 y modelo CGCM. Elaboración propia.

Se constata por tanto, la intensificación de los cambios a medida que avanza el siglo. Estos valores son medios, destacando diferencias en el Informe entre determinadas áreas, como el sistema de Cabecera o el Valle del Tajo, en donde los valores son aún más acusados. En la Comunidad de Madrid, las estimaciones son muy similares a las presentadas en la Tabla 24. Según los datos que aporta el *Informe de Adaptación al Cambio Climático* de la Fundación Canal (2012b), y en un horizonte 2070-2.100, "respecto a las temperaturas en la Comunidad de Madrid, se prevé un aumento medio en torno a los 4,4ºC, frente a 4ºC en el total nacional y en evaporación de un18,8% frente al 15,8% en España. En cuanto a la precipitación se pronostica una reducción del 24%, frente al 22,3% a nivel nacional. Y en escorrentía, una disminución media del 46%, mucho mayor que la media nacional del 33,4%.

Por todo ello, el cambio climático supone un incremento de la vulnerabilidad en el nivel de garantía hídrica en el futuro, tanto en lo que respecta a la calidad, como a la cantidad. Es por tanto, un tema clave que se aborda desde algunas Instituciones públicas que han elaborado distintos Planes o Programas para enfrentarse a los posibles escenarios de futuro, analizando las consecuencias que el cambio climático puede tener en los ecosistemas y en los servicios y sectores económicos que dependen del agua. En general,

todos estos Planes siguen unos esquemas elementales basados en la utilización de indicadores a través de los cuales se pueden detectar las situaciones de escasez. Y en función del diagnóstico se establecen distintos niveles (nivel de normalidad, de prealerta, de alerta y de emergencia) para proponer medidas cuyo pilar fundamental es la adopción de medidas de racionalización en el uso del agua y de la consecución de una mayor eficiencia. En la Comunidad de Madrid son de aplicación, el Plan Especial de Alerta y Eventual Sequía de la Cuenca del Tajo CHT, 2007b); el Plan de Gestión de la Sequía y el Plan de Adaptación al Cambio Climático del Canal de Isabel II (2012b); el Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo (BOE, 2014) y los informes del CEDEX.[103] Además, el Ayuntamiento de la capital elaboró en 2005 el Plan de Gestión de la Demanda del agua en el municipio de Madrid (Ayuntamiento de Madrid, 2005), y aprobó un año más tarde la "Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua". Toda esta normativa es muy interesante, sin embargo, resulta insuficiente si no se hace un seguimiento de las medidas, una evaluación de las actuaciones y una divulgación de los resultados.

Figura 62. Efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos

Fuente: Elaboración propia

[103] El CEDEX emite informes sobre el impacto del cambio climático en diferentes sectores como el agua, la calidad del aire o la red de infraestructuras de transporte.

4.1 PLAN ESPECIAL DE ALERTA Y EVENTUAL SEQUÍA EN LA CUENCA DEL TAJO

La Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional (BOE, 2001) dedica su artículo 27 a la gestión de la escasez, en el que dice que con el fin de minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía, el Ministerio de Medio Ambiente establecerá un sistema global de indicadores hidrológicos que permita prever estas situaciones y que sirva de referencia general a los Organismos de Cuenca. En este sentido, y dentro del programa AGUA, el Ministerio elaboró en 2007 un Plan Especial de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía[104], (PES), que está en fase de reestructuración. En él se define un modelo de indicadores de sequía (nivel de llenado de embalses, manto níveo, niveles piezométricos de los acuíferos, aportaciones en estaciones de aforos), que sirven para detectar tempranamente situaciones de escasez. A continuación se analizan los riesgos en los sistemas y se proponen medidas para mitigar los efectos de la falta de recursos hídricos. El abastecimiento a poblaciones es un uso prioritario y las medidas van encaminadas a asegurar el suministro.

En el sistema de abastecimiento de Madrid, el Plan de Sequía realiza una caracterización de la red hidrográfica, de las aportaciones, de las conexiones con otros sistemas, de las infraestructuras de regulación y de transporte, de las demandas y del régimen de caudales ecológicos apropiado. A partir de ahí, se elaboran medidas que pueden ser estratégicas, tácticas y de emergencia. Dentro de las estratégicas están las vinculadas a la redacción de normativas, de búsqueda de nuevos recursos y de estrategias de explotación. La aplicación de modelos, como el SIMGES, sirve para diseñar actuaciones para los distintos escenarios de sequía. En el caso de Madrid, se asignan prioridades entre 1 y 4 a los distintos embalses, siendo de prioridad 1 los que están en cabecera y que interesa conserven el nivel máximo posible (ver Tabla 25). Los embalses de derivación y regulación, que tienen otros por encima y por debajo, tienen asignados niveles 2 y 3 y es en ellos en los que se regulan los desembalses. Por último, los de prioridad 4 son los últimos y en los que interesa más que estén vacíos para captar todas las aportaciones posibles. Además, se establecen "curvas de reserva" para determinar situaciones en las que hay que tomar medidas. El volumen de reserva es el situado por debajo del volumen

[104] Plan Especial de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía, aprobado mediante la Orden MAM/698/2007, de 21 de marzo

mínimo de embalse, en el que solo se puede atender abastecimientos y caudales ecológicos. En esta situación se ponen en marcha los bombeos de aguas del acuífero.

A lo largo del análisis que aparece en el PES, se detallan las aportaciones desde 1940, los periodos secos y las grandes sequías[105], consecuencia de las cuales, ha sido la puesta en marcha de *medidas de alternativas al suministro*, como la construcción de nuevas infraestructuras y las conexiones a otros recursos complementarios, como por ejemplo las transferencias de Picadas (Alberche) a Valmayor (Guadarrama) en el año 1993. Otro recurso alternativo sería el empleo de recursos no convencionales (reutilización), que en el caso de Madrid, hasta ahora apenas se ha aplicado. El Plan también contempla medidas de gestión de la demanda, como la mejora de las redes y dispositivos domésticos para ahorrar agua, la concienciación ciudadana o las restricciones al consumo. Dentro del capítulo de restricciones, se sigue un protocolo en el que se debe utilizar agua regenerada para los riegos de jardines públicos y los baldeos de calles; se penalizan los llenados de piscinas, lavado de coches o riegos privados; y por último si llega el caso, se producen cortes en el suministro de modo temporal.

Entre las medidas de tipo normativo, el PES incluye la creación de Centros de Intercambio de derechos de agua y los contratos de cesión, además de la promulgación de Decretos contra la sequía o de Ordenanzas municipales de ahorro.

El Plan Especial de Sequía (CHT, 2007b) establece que los Planes Hidrológicos también tienen la obligación de evaluar[106] el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación, para lo cual estimarán, mediante modelos de simulación hidrológica, los recursos disponibles. El Plan Hidrológico del Tajo (BOE, 2014) modifica algunos valores del sistema de indicadores y umbrales establecidos en el actual Plan Especial de Sequía de 2007. Así, en el caso de sequías prolongadas podrá aplicarse un régimen de caudal menos exigente, excepto en las zonas incluidas en la Red Natura 2000 o humedales del Convenio Ramsar. Esto en el caso del abastecimiento de Madrid, no se cumple, ya que una parte importante de la red hidrográfica se encuentra dentro de la categoría de LIC o de ZEPA, sin que ni siquiera tengan establecido caudales ambientales. Es más, como se ha comentado, existen alteraciones en el régimen de

[105] Las sequías más importantes en España han sido en los siguientes años:
1.943-1945 (2 años); 1.979-80 a 1.982-83 (4 años); 1.990-91 a 1.994-95 (5 años); 2.004-2007 (3 años).

[106] Según el punto 2.4.6 de la Instrucción de Planificación Hidrológica

caudales por la regulación, e incluso tramos de ríos a veces secos por estos motivos. El PES determina 4 tramos estratégicos: en el embalse del Vado (Jarama), en la presa del Atazar (Lozoya), en la de Santillana y en la presa del Pardo (Manzanares), con un régimen de caudales ambientales, mínimos e insuficiente (sobre esto ver capítulo 5, "Alteraciones hidrológicas en ríos de Madrid" y "Régimen de caudales ambientales", además de la Figura 57 de este trabajo).

Tabla 25. Prioridades en los embalses para el abastecimiento de Madrid

EMBALSES	PRIORIDAD	CAUCE	FINALIDAD	MAX. SUELT. CONTROL. (hm^3/mes)
Pinilla	1	Lozoya	Abastecimiento /Energía	119,21
Riosequillo	1	Lozoya	Abastecimiento /Energía	1.243,90
Puentes Viejas	2	Lozoya	Abastecimiento /Energía	1.213,00
El Villar	2	Lozoya	Abastecimiento /Energía	236,13
El Atazar	3	Lozoya	Abastecimiento /Energía	38,00
La Parra	5	Lozoya	Derivación	500,00
El Vado	3	Jarama	Abastecimiento	23,00
Valdentales	5	Jarama	Derivación	500,00
Pedrezuela	3	Guadalix	Abastecimiento	22,00
El Mesto	5	Guadalix	Derivación	200,00
Presa del Rey	5	Jarama	Derivación	1.000,00
Navacerrada	1	Samburiel	Abastecimiento	42,60
Santillana	2	Manzanares	Abastecimiento /Energía	12,00
El Pardo	4	Manzanares	Abastecimiento /Regulación	15,00
Navalmedio	1	Navalmedio	Abastecimiento	15,04
Las Nieves	5	Guadarrama	Derivación	77,8
La Jarosa	1	La Jarosa	Abastecimiento	1,00
Valmayor	2	Aulencia	Abastecimiento	20,00
La Aceña	1	La Aceña	Abastecimiento	8,00

Fuente: Plan especial de Eventual Sequía del Tajo (CHT, 2007b)

El Plan de sequia del Tajo no establece umbrales de prealerta y alerta en la Cabecera y en el Tajo medio, ambos en el Sistema de la Cuenca Alta al que Madrid pertenece. Sin

embargo, llama la atención que se destinen reservas hídricas para las sequías en el Segura, con agua del Tajo.

El Artículo 4.6 de la Directiva Marco (CE,2000), considera la sequía como una situación excepcional, por lo que no considera una infracción[107] el deterioro temporal del estado de las masas de agua, siempre y cuando se haga todo lo posible por evitar dicho deterioro. En el caso de los ríos que abastecen a Madrid, las Administraciones implicadas incumplen estos preceptos y desde el Organismo de Cuenca, no se llevan a la práctica medidas operativas, no se controla adecuadamente las actuaciones del Canal de Isabel II, ni se hace un seguimiento de las medidas aplicadas." El tratamiento del cambio climático y sus efectos en la planificación hidrológica está insuficientemente abordado en España. No existen mecanismos de coordinación de políticas entre diferentes administraciones relacionadas con esta cuestión: hidrológica, de ordenación territorial, etc (Olcina Cantos, 2014).

4.2. PLANES DE GESTIÓN DE LA SEQUÍA DEL CANAL DE ISABEL II

El Canal, máximo gestor y responsable del suministro de agua en la Comunidad de Madrid, reconoce en la página 15 de su Memoria Anual de 2012 que, "como consecuencia del cambio climático es previsible que en España sean cada vez más frecuentes los episodios de escasez del recurso y estrés hídrico. Será por tanto necesario realizar las inversiones y buscar las alternativas al abastecimiento que permitan afrontar este importante reto."

El Manual de Abastecimiento del Canal (Cubillo e Ibañez, 2003) recoge la experiencia que el Canal ha ido desarrollando e identifica varios niveles de referencia para la gestión de los recursos en los distintos escenarios de actuación. Para ello, establece entre otros, unos indicadores respecto al nivel del llenado de los embalses (como en el Plan de Sequía del Tajo); aunque la capacidad conjunta de los embalses de Madrid es de 948 hm^3, el nivel máximo permitido por razones de seguridad se sitúa en 774 hm^3. La gestión que hace el Canal es interanual, ya que las aportaciones naturales son muy irregulares. Están establecidos además, unos niveles que oscilan entre los 643 hm^3 en verano y los 553 hm^3

[107] Este sería un aspecto interesante para modificar, ya que en el año 2000 cuando se aprobó la DMA, no eran tan evidentes los impactos y consecuencias del cambio climático.

en invierno, por debajo de los que se exime al Canal de proporcionar caudales ambientales, excepto en los 4 puntos[108] en los que están establecidos por el Plan de Cuenca del Tajo. En este Manual se definen distintos escenarios de actuación en situaciones tanto de normalidad, como de escasez. Dentro de la fase de insuficiencia de recursos, se han definido tres escenarios:

Fase A.- Escasez severa, que marca el inicio de la sequía, se reduce la demanda en un 9% y se usan recursos propios, complementarios y estratégicos.

Fase B.- Escasez grave, en la que se producen reducciones en la demanda del 26% y se utilizarían los recursos especificados en el apartado anterior, más reutilización e intercambio de derechos.

Fase C.- Escasez de emergencia, en la que se utilizarían los recursos citados en el apartado anterior, y además se reducirían las asignaciones a la población a 80l/hab/día para uso doméstico y un 50% para el resto de dotaciones.

La Fundación Canal tiene además redactado un Plan de Adaptación al Cambio Climático (Canal Isabel II, 2012), basado en los acuerdos adoptados en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC, 2006) y en el último informe del CEDEX de 2011, entre otros. Su objetivo principal es aportar el conocimiento suficiente para identificar medidas potenciales de adaptación asociadas a los sectores (económicos, sociales y ambientales) en los que el agua es un factor determinante y que pueden verse afectados. El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación causarán una reducción de las aportaciones y una modificación de la demanda de agua. Según este Plan, los efectos se dejarán notar en los ecosistemas, en los recursos hídricos, en el turismo, en la salud y en los sectores agrícola, industrial, urbanístico y energético. Por ello, hace un análisis de la situación para abordar qué medidas deberían adoptarse para minimizar los impactos negativos que alterarán la normalidad de todos y cada uno de los sectores[109] y de los aspectos cotidianos. Sus propuestas en líneas generales, se basan en: mejorar la gestión de los recursos hídricos, reducir los consumos de agua y en buscar nuevas fuentes de suministro. En este sentido, el Canal sigue apostando por aumentar la regulación en otras cuencas externas; así, en las alegaciones presentadas al Esquema Provisional de Temas

[108] Los 4 puntos son: Atazar, Valmayor, Santillana y el Pardo.
[109] Los sectores económicos más dependientes del agua y que se verán afectados son: la energía; la industria, que tiene un peso del 9,7% del PIB; la hostelería y el comercio, que representan el 24,4%; la construcción, con un 6%; y la agricultura con solo el 0,1% del PIB[109].

Importantes (EpTI, 2014) del próximo Plan Hidrológico del Tajo, propone la construcción de una nueva presa en el río Alberche, la conexión entre los ríos Sorbe y Bornova y el recrecimiento del embalse del Vado en el Jarama.

4.3 PLAN MUNICIPAL DE GESTIÓN DE LA DEMANDA DE MADRID

Este Plan (Ayuntamiento de Madrid, 2005) se elaboró dentro del ámbito europeo de la Agenda Local 21. Es un programa muy completo que integra numerosos aspectos encaminados a reducir la demanda del agua, a mejorar la eficiencia de su uso y a evitar el deterioro de los recursos hídricos. Encabeza los objetivos del Plan el primer considerando de la Directiva Marco del Agua: *el agua no es un bien comercial como los demás, sino un patrimonio que se debe defender y tratar como tal*. Dentro de la programación se incluye un apartado con un programa de actuación bajo situaciones de sequía. Éste contempla 4 escenarios:

- Fase 0: Alerta de sequía.- se da con niveles de reserva bajos en los embalses
- Fase 1: Escasez severa.- marca el inicio de la sequía y se deben tomar medidas que reduzcan en un 9% al menos el consumo
- Fase 2: Escasez grave.- Se imponen restricciones que repercuten en todos los sectores, tanto socioeconómicos, como ambientales.
- Fase 3: Escasez de emergencia.- Hay un racionamiento del consumo y las repercusiones para la sociedad y el medio ambiente son importantes.

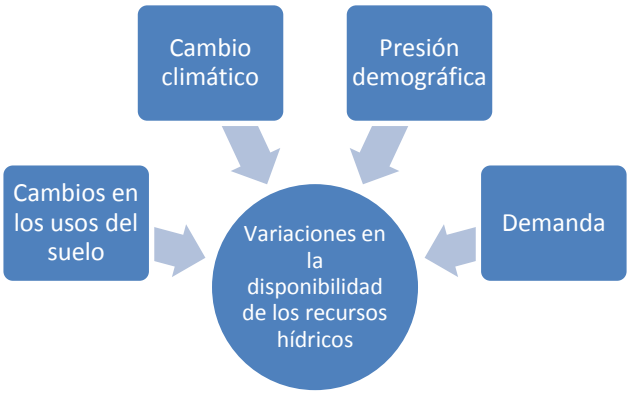
Se creará, dice, un Comité de Sequía y un protocolo de información para los ciudadanos, con procedimientos operacionales en dos líneas: una dirigida a la población y otra con medidas a llevar a cabo por el propio Ayuntamiento. En ambos casos, las actuaciones van dirigidas a utilizar diversas medidas de ahorro, aumentando la eficiencia en el hogar, en las industrias y en los edificios públicos. También a concienciar a la población sobre el uso racional del agua, a optimizar los riegos en parques y jardines, inspecciones para controlar el estado de instalaciones, fraudes, etc. En general, se trata de actuaciones siempre con la misma base, que es la de la gestión de la demanda, y bajo la supervisión en caso de escasez, de los protocolos que el Canal de Isabel II tenga estimado. Este objetivo se ha cumplido, por otros factores también, ya que muchas de las medidas que propone el Plan no se hayan puesto en marcha.

No obstante, los Planes de sequía están muy relacionados con los Planes de gestión de la demanda. Las medidas que plantean ambos están siempre encaminadas a conseguir los mismos objetivos: disminución del consumo a través del ahorro y del uso eficiente de los recursos y de la reutilización. En todos estos Programas se da valor a la calidad del agua y se recomienda devolver el efluente a los ríos en las mejores condiciones posibles; sin embargo, todos adolecen de proponer medidas para la conservación de los sistemas fluviales, que son los verdaderos "amortiguadores" de los impactos. La capacidad de resiliencia y de adaptación está directamente relacionada con la salud de dichos ecosistemas acuáticos.

4.4 DIRECTRICES DE LA AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2012), en un informe analiza la situación de los recursos hídricos de Europa presentes y futuros en un contexto que se prevé de mayor vulnerabilidad. En él se exponen en líneas generales las causas que interfieren en la disponibilidad de los recursos hídricos, que son fundamentalmente las siguientes:

Figura 63. Causas que alteran la disponibilidad de recursos hídricos



Elaboración propia

La Agencia Europea sí que resalta la necesidad de mantener caudales ambientales en los ríos como condición para garantizar recursos en cantidad y de calidad; los servicios ecosistémicos, expone, son esenciales para mantener la biodiversidad y la resiliencia en situaciones de estrés hídrico. "Las medidas para reducir la vulnerabilidad deben mantener los ecosistemas acuáticos y mejorar su funcionalidad" (EEA, 2012, p.75). Los impactos de

las sequías y los periodos de escasez no deben valorarse solo en términos socioeconómicos, sino también en términos ecosistémicos, según la Agencia Europea de Medio Ambiente. Asimismo la EEA expone que el principal causante de alteraciones hidrológicas es el cambio en el uso del suelo; la urbanización aumenta la escorrentía y disminuye la infiltración, por lo que aumenta el peligro de inundaciones y disminuye la capacidad del suelo de interceptar humedad.

Entre las medidas que propone están las de mejorar el estado químico, biológico e hidromorfológico de los sistemas fluviales; aplicar tarifas adecuadas para la recuperación de costes; fomentar tecnologías y prácticas de ahorro y de aumento de la eficiencia; captación de aguas pluviales en edificios; redes separativas; aumento de las zonas verdes,etc.

En la Comunidad de Madrid confluyen varios de los factores que interfieren negativamente en la disponibilidad de los recursos hídricos y que destaca la Agencia Europea, como son la elevada presión demográfica, la excesiva ocupación del suelo y una demanda que no puede satisfacerse solo con los recursos propios del sistema. Además de esto, los ecosistemas fluviales madrileños distan mucho de presentar un buen estado ecológico por los motivos que se explican en los capítulos 3 y 5.

Capítulo 5 IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL ABASTECIMIENTO DE MADRID Y DIRECTRICES PARA ABORDARLOS

La investigación llevada a cabo para valorar la disponibilidad de los recursos hídricos, a medio y largo plazo para el abastecimiento de Madrid, nos ha llevado a retratar una situación que se fundamenta en dos pilares: la inseguridad en el nivel de garantía hídrica y el grave deterioro en el que se encuentran los sistemas fluviales como consecuencia de la presión que soportan. La gestión del abastecimiento en una gran metrópoli como es Madrid es una tarea tremendamente compleja por la diversidad de factores que entran en juego. Asimismo, la solución no es sencilla y este capítulo quiere destacar los problemas más importantes, planteando las vías sobre las que se podría incidir para que el balance entre recursos, demandas e impactos fuese lo más equilibrado posible.

5.1 PRESIONES, IMPACTOS Y CONSECUENCIAS

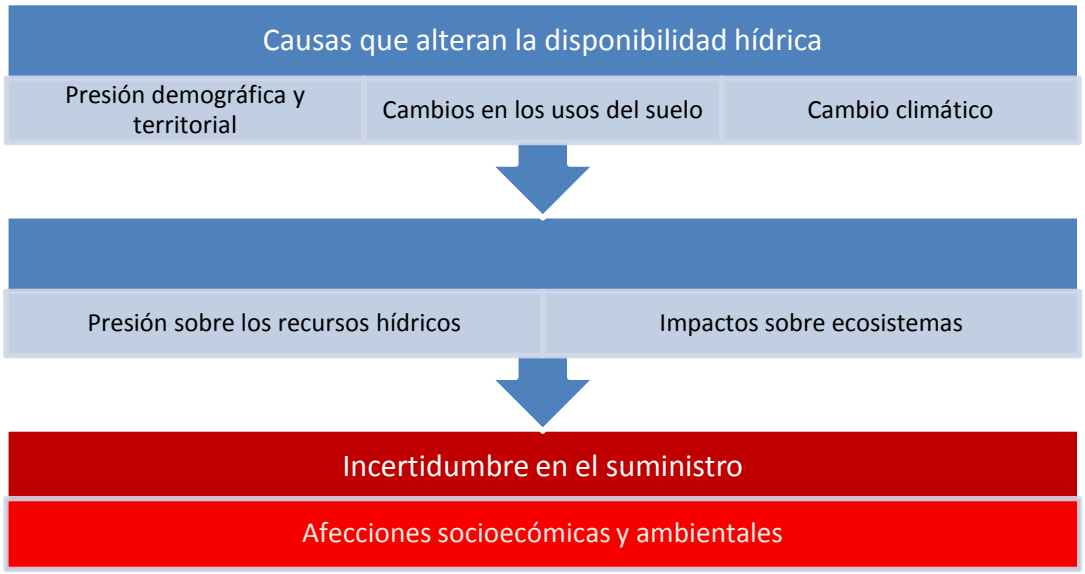
Para hacer una valoración de los factores que pueden poner en peligro la garantía del suministro de agua en la Comunidad de Madrid, hemos decidido analizar la información que nos aportan algunos indicadores, siguiendo el esquema FPSIR:

Figura 64. Esquema FPSIR. *Elaboración propia*

Tras una interpretación global de los anteriores indicadores se puede concluir que:

La elevada presión demográfica, el grado de ocupación del territorio, los cambios en los usos del suelo, la política hidrológica y los efectos del cambio climático son las principales causas que afectan al nivel de garantía de los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid. Asimismo, la presión a la que se ven sometidas las cuencas fluviales y los acuíferos, pone aún más en peligro el suministro por problemas de calidad del agua y por deterioro de los hábitats y ecosistemas. El continuo crecimiento de la metrópoli es insostenible. El Informe de Fiscalización del Abastecimiento de Madrid en el año 2005 ya decía que, "no pueden asegurarse los caudales precisos para mantener las condiciones ambientales exigidas, ni siquiera contando con la explotación de todos los recursos complementarios y estratégicos. Con los datos de explotación del CYII, en más de un 70% de los años, no se podría atender la totalidad de las necesidades ambientales, situación que tiende a empeorar en el futuro con la demanda prevista."

Figura 65. Causas y consecuencias de la falta de recursos hídricos



Fuente: Elaboración propia

El sistema fluvial de Madrid funciona al límite de sus posibilidades. La media de las aportaciones naturales en la Comunidad aplicando la serie corta es de 596 hm^3/año. La capacidad de embalse es de 948 hm^3, aunque por razones de seguridad el nivel de llenado debe estar por debajo, lo cual quiere decir que la posible construcción de más embalses no aumentaría la disponibilidad de recursos, puesto que la relación entre capacidad de reservas y aportaciones es del 159%, superándose por tanto el volumen de la máxima regulación posible. Como se ha expuesto en el capítulo 3, la variabilidad en el régimen de

precipitaciones obliga a realizar una gestión plurianual de los embalses. En 2012, por ejemplo, las aportaciones naturales no superaron los 251 hm^3 y se derivaron para usos urbanos 525 hm^3, lo que indica que se encuentra en una situación de gran exposición frente a la reducción de aportaciones. Asimismo, las derivaciones para consumo entre 2004 y 2013 oscilaron entre los 602 hm^3 y los 496 hm^3 respectivamente, por lo que aunque la demanda ha descendido en un 17%, también lo han hecho las aportaciones en un 21%. Si además, tenemos en cuenta que las expectativas climáticas de futuro indican aumento de las temperaturas, disminución de la pluviosidad y periodos de sequía más recurrentes, lo que implicará incremento de la demanda, por lo que la insostenibilidad en el medio y largo plazo está asegurada.

Por otro lado, los ríos madrileños han perdido su dinámica natural debido a la presión a la que se les somete para convertirse en tuberías subterráneas, canales o cloacas a cielo abierto que recorren la ciudad, para acabar depositando los desechos de la gran urbe en el río Tajo, al sur de Madrid, en Aranjuez. El Plan de Cuenca del Tajo incluye a los ríos de Madrid (Jarama, Manzanares, Guadarrama, Guadalix), dentro de un concepto que la CHT denomina "cumplimiento de objetivos menos rigurosos," debido a la imposibilidad para alcanzar el buen estado ecológico que marca la DMA. Además, el acuífero Detrítico está contaminado por arsénico[110] en puntos del sur y suroeste. Los embalses, situados mayoritariamente en el norte de la Comunidad, se mantienen en unos niveles medios de eutrofización, incluso los que están al principio de la cabecera, como el de Pinilla, en la cuenca alta del río Lozoya. El régimen de caudales ambientales es insuficiente y obligatorio solo en 4 puntos estratégicos, tal y como podemos observar en la Tabla 25 y aún así, hay constancia de que no se cumplen en muchas ocasiones. Ello conduce a un deterioro adicional de los ecosistemas, que en buenas condiciones podrían actuar como barrera de amortiguación.

Tabla 25. Tramos estratégicos y distribución de caudales ecológicos en los ríos madrileños

TRAMOS	Octubre-Dic	Enero-Marzo	Abril-Junio	Julio-Septiembre
Jarama (El Vado)	0,40	0,52	0,57	0,32
Lozoya (Atazar)	0,82	0,90	1,12	0,52
Manzanares (Santillana)	0,46	0,51	0,57	0,23
Manzanares (El Pardo)	0,82	0,93	0,97	0,49

Fuente: Plan Hidrológico Tajo (CHT, 2014). Elaboración propi

[110] De las alegaciones del IGME al ETI de 2015.

Por otro lado, los impactos derivados de la regulación de todos los ríos, afecta de manera directa a los hábitats acuáticos y riparios de los espacios naturales. La reducción de las aportaciones, junto al incremento de duración (por causa de la regulación) de los periodos de estiaje suponen una presión significativa sobre la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas (Magdaleno, 2013). Existen análisis reveladores sobre la alteración hidrológica que sufren los ríos de la Comunidad de Madrid debido a la gestión que el Canal lleva a cabo. Satisfacer la demanda urbana es incompatible en la Comunidad de Madrid con el buen estado de los ecosistemas. El siguiente cuadro muestra los resultados de un informe para valorar el estado de algunos tramos estratégicos:

Tabla 26 Alteración hidrológica de los ríos de la Comunidad de Madrid

RÍO	ESTADO
Lozoya en el Atazar	Impacto severo
Jarama en el Vado	Impacto severo
Guadalix en Pedrezuela	Impacto severo
Aceña en la Aceña	Alto riesgo de impacto
Navacerrada-Samburiel	Alto riesgo de impacto
Aulencia –Valmayor	Alto riesgo de impacto
Navalmedio	Alto riesgo de impacto
Manzanares EDAR Sur	Alto riesgo de impacto
Henares EDAR Alcalá Oeste	Moderado riesgo
La Jarosa en la Jarosa	Alto riesgo de impacto
Alberche en Picadas	Alto riesgo de impacto
Jarama en presa del Rey	Alto riesgo de impacto
Sorbe en el Pozo de los Ramos	Alto riesgo de impacto

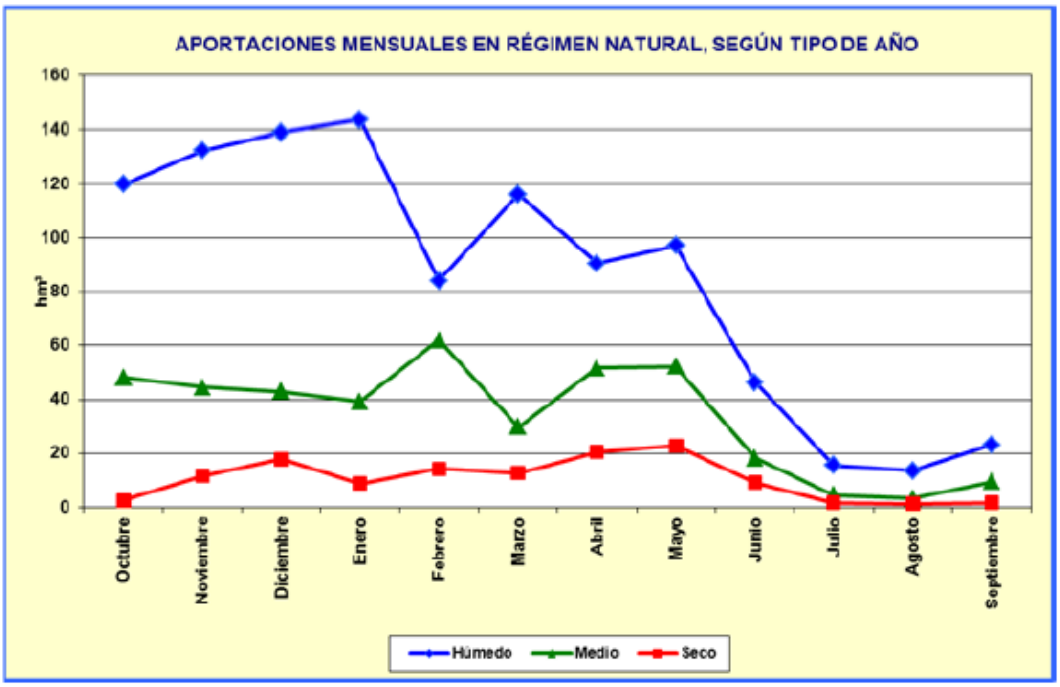
Fuente: Baeza, D. Informe sobre la alteración hidrológica de los ríos de Madrid

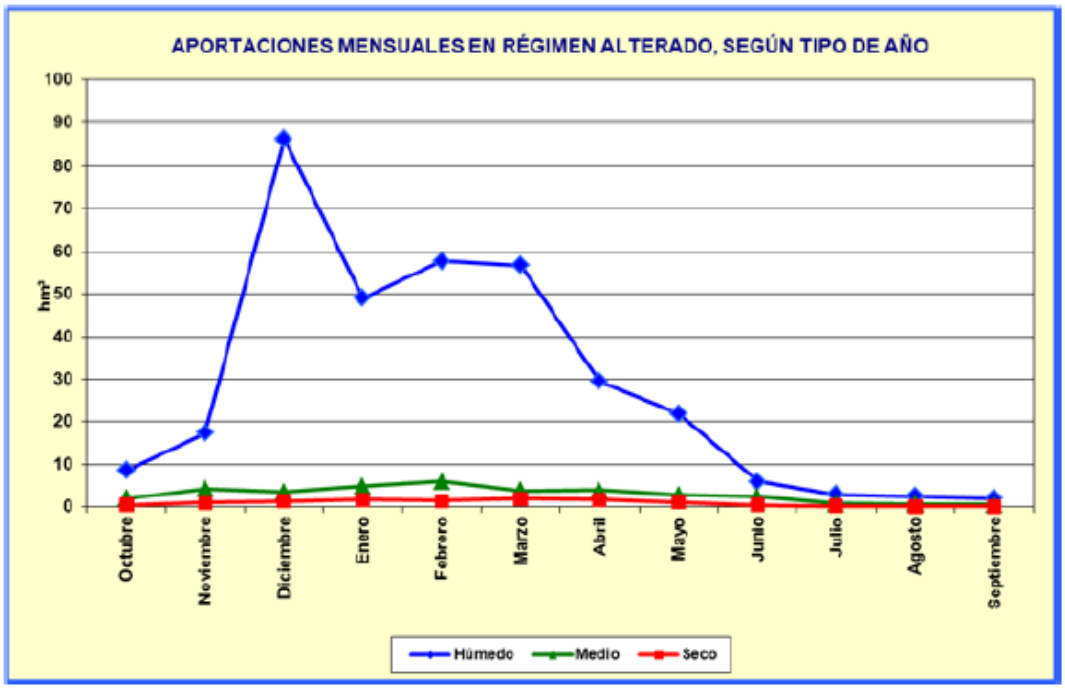
La planificación hidrológica no tiene en cuenta estos aspectos y hay una carencia de datos relativos a indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos, que son claves para obtener información real del estado de las masas de agua. En este sentido, la realización de un estudio sobre la alteración hidrológica[111] de un tramo fluvial

[111] El análisis se ha llevado a cabo utilizando el programa IAHRIS 2.2 (Martínez Santa-María & Fernández-Yuste, 2010)

comprendido en el LIC "Cuencas del Jarama y el Henares", por debajo de la confluencia del Lozoya con el Jarama, nos muestra la destacada disminución del flujo del río, debido a la regulación por la presa del Vado. Si se comparan los dos gráficos de las Figuras 66 y 67, en los que se analizan los valores de las aportaciones en régimen natural y los valores en régimen alterado, se verifica la considerable disminución de los caudales circulantes a partir de la fecha en la que el río fue regulado. En el anexo 3 se ofrece información sobre los valores de aportación anual y de estiaje por año hidrológico en régimen natural y en régimen regulado, usando el modelo SIMPA 2. Según los datos y la interpretación que nos hace su autor, el promedio de aportación regulada en el periodo 1972-2008 fue tan solo de un 23% con respecto a la aportación natural que potencialmente podría haber pasado por el río. Y existen años en los que la aportación regulada no llega ni siquiera a un 10% de la aportación que naturalmente podría tener el tramo fluvial. En el verano de 2002, solo fluyó por el LIC el 3,6% del caudal que naturalmente habría discurrido por el Jarama y en 2006 supuso solo un 0,6%.

Figuras 66 y 67. Comparativa entre las aportaciones mensuales en régimen natural y en régimen regulado de un tramo del río Jarama





Fuente: Magdaleno, F. (2013)

Paradójicamente, el Jarama y el Manzanares en sus tramos bajos, transportan un caudal regular y sin apenas variaciones estacionales por las aportaciones que reciben de las depuradoras con las aguas residuales urbanas. Este "caudal regular" es igualmente negativo para la evaluación hidromorfológica. Las medidas adoptadas para mejorar la calidad de las aguas a través de la inversión económica en depuración, no ha dado los resultados esperados, a pesar del gran desembolso económico invertido (más de 3.800 millones de euros).

El deterioro de los espacios fluviales genera problemas de calidad del agua que afectan directamente a los sectores socioeconómicos de la Comunidad de Madrid, ya que el agua es necesaria para todos los procesos productivos, incluido el turismo de naturaleza. Tiene además, un valor intangible como generador de servicios ecosistémicos. "La construcción de complejos con grandes necesidades de agua, la explotación de los acuíferos, la pérdida del bosque de ribera, el empleo de agua potable para servicios de jardinería y limpieza de calles, entre otros usos, están causando un grave daño a los ríos madrileños, que en muchos tramos ya se encuentran desecados, y poniendo en peligro el futuro abastecimiento de agua a nuestras ciudades" (Sotelo, 2006 p.48)

Figura 68. Río Jarama a su paso por el LIC Cuencas del Jarama y el Henares

Fuente: GRAMA, Jarama Vivo, 2010.

5.2 ¿SON NECESARIOS MÁS RECURSOS HÍDRICOS?

En la Comunidad de Madrid se concentra la mayor parte de la población de la Cuenca del Tajo, un 77%, mientras que en su territorio se genera sólo el 10% de las aportaciones. El Informe de Fiscalización del Abastecimiento de la Comunidad de Madrid realizado en 2005, afirmaba que "a medio y largo plazo, y dadas las previsiones de crecimiento de la población y desarrollo urbanístico, y con las infraestructuras actualmente existentes y unas pautas de consumo similares, el nivel de garantía disminuiría hasta el 88% en 2006, menos del 70% en 2015 y por debajo del 60% en 2020. Ello implicaría que, al menos, uno de cada tres años Madrid se encontraría en una situación que, según el Manual de Abastecimiento del CYII, requeriría restricciones al consumo frente al objetivo de situar esta media en uno de cada 25 años. Todo ello sin considerar variaciones en los patrones que muestran las aportaciones medias históricas y la posibilidad de aumento de las temperaturas." Asimismo, la Cámara de Cuentas de Barcelona (2008, página 8), afirmaba que tras el análisis de la gestión de los recursos hídricos en Madrid, "las proyecciones deducían niveles insuficientes de garantía de abastecimiento de futuro".

Aunque las proyecciones sobre el aumento del consumo que se preveían, han errado, lo que sí es cierto es que las aportaciones a los ríos han disminuido considerablemente y las expectativas de futuro apuntan a un recrudecimiento en ese sentido. Indudablemente la crisis económica que atravesamos ha trastocado las proyecciones que se hicieron y ha hecho variar las tendencias en los consumos. Además, y como se ha comentado en el capítulo 3, el aumento de las tarifas junto a la utilización de fontanería y de electrodomésticos eficientes, están contribuyendo al ahorro en los hogares. La mejora en la red de distribución de agua, el control de fraudes y la utilización, aunque a pequeña escala de aguas regeneradas, contribuyen también a una mejor gestión de los recursos. La otra cara de la moneda es, que tanto el Ayuntamiento, como la Comunidad de Madrid, siguen apostando por el crecimiento de la ciudad a través de la incentivación de diversos Planes Urbanísticos, que, de materializarse, contribuirán a intensificar las dificultades relacionados con el suministro de agua.

No obstante, el eje del problema en Madrid se basa en cómo enfrentar periodos de escasez y sequías recurrentes, que según las previsiones y los datos objetivos, se agudizarán y serán cada vez más frecuentes. Las políticas de aumento de la oferta no son una garantía en sí mismas, puesto que una mayor regulación de otras cuencas[112], como se insinúa desde algunas Instituciones públicas, no es una solución. El territorio madrileño no admite más embalses, como se ha comentado en el punto anterior. Y los sistemas hidrológicos adyacentes a Madrid funcionan al límite, están supeditados a otros usos y se verán igualmente afectados por las consecuencias del cambio climático. Así, la capacidad de embalse del río Alberche, que aporta hasta 219 hm^3 para el abastecimiento de Madrid, es de tan solo 339 hm^3. Dada la gran variabilidad de caudales en este río, y la limitada capacidad de embalse, en épocas de sequía severa la garantía de disponibilidad de agua para Madrid no estaría asegurada desde el Alberche. Solamente el sistema de Cabecera podría ofrecer garantía si se gestionasen de manera plurianual sus embalses, que poseen una gran capacidad (2.440 hm^3).

A continuación se ofrecen varios datos a tener en cuenta:

[112] Madrid no puede aumentar más su capacidad de embalse en su territorio, puesto que todos sus ríos están regulados.

Tabla 27. Expectativas presentes y futuras

PRESENTE	FUTURO
Población 6.480.000 **habitantes**	**+315.444** habitantes (aumento del 4,8%)
Viviendas 2.932.000	**+232.000** viviendas
Aportación media recursos Hídricos (serie corta) 596 hm^3	596 hm3-**(-5% precipitación/ +7% ETP/ +1,5% temperatura)**
Demanda Plan Hidrológico 987 hm^3 **(738 hm3 urbana/228 hm3 agraria/ 20 hm3 industrial)**	**?**
GARANTÍA DEL SUMINISTRO ????	

Elaboración propia

5.3. PROPUESTAS DE UN NUEVO MODELO

Nuestro planteamiento se basan en seis propuestas fundamentales:

- Gestión de la demanda.
- Reserva estratégica en los embalses de Cabecera del Tajo.
- Establecimiento de caudales ambientales.
- Cesiones de derechos. Revisión y reasignación de derechos de agua.
- Políticas de decrecimiento.

Gestión de la demanda

La posibilidad de satisfacer en un futuro cercano todos los usos actuales de la Comunidad de Madrid con los recursos actuales en un escenario de cambio climático, no será posible si no se adoptan estrategias basadas en primer lugar en gestionar la demanda. Esto será imprescindible para hacer frente a los cada vez más frecuentes periodos de escasez y así, poder mantener el equilibrio entre los consumos de agua y la reserva de recursos. "La demanda de agua, además de depender de la población censada abastecida, depende de factores como, el parque de viviendas y su tipología, el número de establecimientos de tipo comercial y oficinas, el número de industrias y su actividad, las pautas de consumo/ahorro en cada una de las unidades de consumo, los programas públicos de eficiencia en el uso del agua o el grado de concienciación ambiental de los habitantes" (Fundación Canal, 2012, p.45). Y la disponibilidad de los recursos depende de

diversos factores, los más importantes de los cuales están recogidos en la Figura 65 y que incluye la necesidad de mantener los ecosistemas acuáticos.

Existen instrumentos de planificación (como el Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua) y normativos (Ordenanza Municipal de Uso Eficiente del Agua), que constituyen la base para iniciar una acción decidida de gestión de la demanda. Pero es absolutamente necesario llevarlos a cabo y establecer una evaluación de las medidas y, tal como aparece en la Figura 69, un "programa científico de seguimiento". La función de este instrumento sería la de elaborar diagnósticos anuales a partir de la toma de datos hidrológicos y de consumo, actualizando anualmente las tendencias. De este modo, se evaluarían las actuaciones para planificar de nuevo y poner en práctica lo más conveniente en cada caso.

Se debería incidir en utilizar recursos procedentes de la reutilización de aguas residuales regeneradas o de aguas pluviales para determinados usos, como riegos de jardines, tanto públicos, como privados, baldeos de calles, limpiezas del sistema de distribución, determinados usos industriales o lavados de coches.

En cuanto al sector industrial, que representa el 28% de la ocupación de la población, se debería incentivar a aquellas empresas que reduzcan su consumo y que lo hagan a partir de aguas regeneradas en la medida de lo posible. Asimismo, para mejorar la calidad de las aguas, se propone redes separativas de tratamiento: tanto de aguas industriales, como de aguas residuales domésticas. En los hogares, se debe reforzar el uso de fontanería con dispensadores de ahorro, electrodomésticos de bajo consumo y hábitos para economizar.

En cuanto a la recuperación de costes es fundamental la aplicación de tarifas adecuadas, en las que se repercutan los costes ambientales y los del recurso. Una buena medida para disuadir sobre consumos excesivos es la aplicación de bloques tarifarios. Según un Informe del Observatorio de Políticas de Agua (FNCA, 2014), sobre la Evaluación del primer ciclo de planificación hidrológica en la cuenca del Tajo, la recuperación de costes del servicio del agua es de un 78% en los usos domésticos y de un 58% en el regadío. Asimismo, el descuento del porcentaje variable por el canon de regulación se cifra en un 36% para el abastecimiento y en un 32% para el regadío.

Dentro de las estrategias encaminadas a gestionar la demanda, la elaboración de normativa de Ordenación Territorial en coordinación con los Planes Hidrológicos es muy

importante. Y es fundamental que estos preceptos se materialicen en Planes Municipales de Gestión de la Demanda que se pongan en práctica realmente.

Es fundamental intensificar la educación ambiental, con campañas que promuevan un uso solidario y responsable del agua, tanto por parte de las Administraciones como de los usuarios privados. Es muy importante trabajar en todos los niveles educativos, desde educación infantil, hasta educación secundaria.

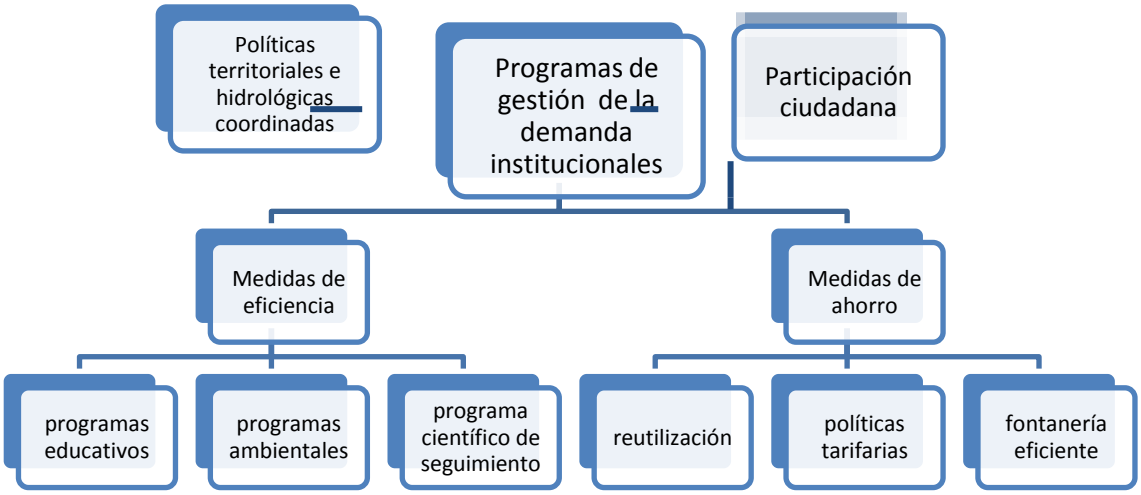
La participación ciudadana es esencial para que la concienciación y la aplicación de medidas sean efectivas. Se tiene que llegar a consensos entre los distintos usuarios.

Se debería incidir aún más en aplicar medidas de eficiencia basadas en la renovación de redes de distribución e infraestructuras y en la aplicación de tecnologías que sirvan para evitar las pérdidas de las redes y los fraudes, que representan entre el 14 y el 19%.

Sería interesante la sustitución de redes unitarias por redes separativas, así como incentivar depósitos para acumular aguas pluviales para reutilización en determinados usos. Además, aumentar los espacios verdes urbanos por su capacidad para interceptar agua. En los sistemas de depuración se debería construir tanques de tormenta para evitar derrames de aguas sucias en crecidas.

En la Figura 69 se ofrece un esquema en el que se desglosan los aspectos básicos que deben tenerse en cuenta para una gestión adecuada de la demanda.

Figura 69. Gestión de la demanda



Fuente: Elaboración propia

Reserva estratégica en los embalses de Entrepeñas y Buendía

Los embalses del sistema de la Cabecera del Tajo tienen una capacidad conjunta de 2.440 hm^3, dos veces y media más que todo el sistema de los 14 embases que abastecen a Madrid. Sería muy interesante que Entrepeñas y Buendía se gestionasen de manera plurianual y de este modo pudiesen servir como reserva estratégica para Madrid. En estos momentos se gestionan de manera anual y el 80% de las aportaciones naturales que acumulan, se trasvasan a través del acueducto Tajo-Segura. Esto supone una limitación muy importante para el sistema de abastecimiento de Madrid que al no poder disponer de esos caudales, puede no tener garantizado el suministro en un periodo de escasez hidríca superior a dos años consecutivos.

Por otro lado, la concentración de población y actividades económicas en la Comunidad de Madrid, con casi 6,5 millones de habitantes, origina un gran volumen de aguas residuales que, aun cumpliendo la normativa de vertidos (Directiva 91/271/CEE), da lugar a notables problemas de calidad de las aguas en los ríos y embalses, y que se propagan hasta el tramo bajo de la cuenca del Tajo. La detracción de caudales de la Cabecera hacia el Segura supone una gran presión para toda la cuenca, especialmente para el Eje del Tajo. Si se aumentasen los caudales del Tajo desde Cabecera, mejoraría la calidad del agua toda la Cuenca y especialmente la de su tramo medio. De este modo, no se vulneraría como ocurre ahora, la normativa de conservación de los espacios dentro de la Red Natura 2000 y se podrían cumplir los objetivos ambientales que marca la DMA. Asimismo, establecer esta reserva estratégica, supondría liberar de presión también a los ríos madrileños y mejorar por tanto su estado.

Se debería contemplar esta posibilidad y revisar las Reglas de Explotación del Trasvase Tajo Segura, ya que el abastecimiento en la propia cuenca es prioritario a cualquier otro uso. Por otro lado, la planificación hidrológica de la cuenca del Tajo incide en aumentar la inversión en depuración de aguas residuales, invirtiendo miles de millones de euros, que, como recoge la propia Memoria del Plan, no son aún así suficientes para garantizar la consecución del buen estado de las masas de agua. No se tienen en cuenta los costes ambientales ni del recurso tampoco. (Gallego, 2014).

Por otro lado, esta reserva posibilitaría la descongestión de los sistemas de los que Madrid obtiene recursos complementarios, como el Alberche o el Sorbe. Así, las transferencias desde el Alberche al sistema de Madrid de hasta 219 hm^3/año, representan

un volumen que equivale al 65% de los recursos del río (339 hm^2 repartidos en 4 embalses). Esta situación afecta a todos los usos propios de la cuenca del Alberche por debajo de la toma de bombeo para Madrid: abastecimiento, ambientales, recreativos, agrícolas y energéticos.

Otro aspecto importante a considerar es la elevada productividad del agua en algunos sectores de la Comunidad de Madrid. El sector servicios representa el 80,5% del PIB madrileño. Según el Informe elaborado por Gómez et al. (2011) sobre Evaluación de las Políticas Económicas, la productividad del agua en Madrid sería la siguiente:

-Industrial y servicios: 1000 euros/m^3

-Sector construcción: 13.000 euros/m^3

Si lo comparamos con la productividad del agua del trasvase Tajo-Segura en el sector agrícola del Levante, la diferencia es sustancial. Así, según la información contenida en un Informe de la consultora PricewaterhouseCoopers S.L. (PwC, 2013), realizado para los regantes del Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo Segura (SCRATS) la productividad del agua en los cultivos de la cuenca del Segura está entre los 3,12 y los 4,64 euros/m^3. Y según datos del Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM, 2007), la productividad media de estos cultivos estaría en 0,55 euros/m^3.

Por lo tanto, este es otro argumento de mucho peso para cuestionar las Reglas de Explotación del Trasvase Tajo-Segura, ya que desde el punto de vista económico es mucho más rentable el agua del Tajo para la propia Cuenca. Sin olvidar los demás usos que son prioritarios como ya se ha indicado: abastecimiento, ambientales y socioeconómicos.

Por último, y para reforzar este argumento, la Memoria Síntesis del Plan Hidrológico del Tajo (CHT, 2013 p. 5), dice que "El fuerte crecimiento de población en la Comunidad de Madrid y Castilla La Mancha se ha de abastecer desde recursos regulados en la cabecera (embalses de Entrepeñas y Buendía), por carecer de otras posibilidades" Asimismo, en las alegaciones del Gobierno de la Comunidad de Madrid al Esquema de Temas Importantes (ETI, 2014) del nuevo ciclo de planificación entre 2015 y 2021, se propone aumentar los caudales para Madrid desde el río Tajo. Además de un incremento de la reserva en la Cabecera. Además, propone en su página 7, un caudal ecológico y no mínimo para Aranjuez. Por su parte, la asociación de regantes Fertajo también plantea en sus alegaciones al ETI, la liberación de caudales desde la Cabecera para abastecimiento de Madrid.

Caudales ambientales

Los caudales ecológicos no son un tipo de uso, sino una restricción previa a cualquier otro uso. La reserva estratégica en la Cabecera contribuiría como se ha dicho en el apartado anterior a que se facilitara la implementación de un régimen de caudales ambientales y se cumpliera, tanto en los ríos madrileños, como en el Eje del Tajo. El actual Plan de Cuenca del Tajo (BOE, 2014), tanto en Aranjuez, como en Toledo y Talavera, establece unos caudales "legales" mínimos, que resultan absolutamente insuficientes. Así, el caudal entre los embalses de Cabecera y Aranjuez se ha reducido en un 87%, pasando de 35,6 m3/s antes del trasvase a 6 m3/s. Además, ha cambiado el régimen natural a un régimen regulado en el que prácticamente no existen diferencias estacionales de caudal, o incluso en el que se invierten los patrones naturales (Gallego, 2014).

Asociado al establecimiento de caudales ecológicos, irían asociadas medidas de restauración fluvial realizadas donde fuese necesario y bajo control de expertos. Por último decir que, los ecosistemas acuáticos en buen estado amortiguan los efectos del cambio climático y reducen la contaminación a través de la autodepuración.

Cesiones de derechos (transferencias de derechos de agua entre demanda urbana y agraria)

Los contratos de cesión, son acuerdos entre dos titulares de concesiones o derechos al uso privativo de las aguas, mediante el cual el cedente cede al cesionario dicho uso privativo de forma temporal y, en su caso, a cambio de una contraprestación económica, y cuya validez está sujeta a la previa autorización de la Administración Pública. Hasta la aprobación de la Ley 9/2013 sobre Evaluación Ambiental (BOE, 2013), la cesión de derechos era transitoria, no daba derecho permanente y era la Administración solo en situaciones excepcionales de sequía, la que autorizaba. Ahora, la cesión de derechos es menos restrictiva y permite la venta de derechos entre cuencas.

Aunque las cesiones de derechos pueden ser un medio útil en situaciones de emergencia hídrica, es un factor que debe ser usado con mucho control por parte de la

Administración, y solo en situaciones excepcionales de necesidad. De otro modo, se corre el riesgo de que el agua se trate como una mercancía.

En el caso de la agricultura de Madrid, ésta representa tan solo el 0,1% del PIB y constituye el 0,4% del total de empleos. La productividad media del agua está en 3,57 euros/m3. Es por tanto, el sector menos rentable. Sin embargo, el agua de los regadíos en Madrid no se puede usar para abastecimiento por la elevada contaminación que tiene. Así, la zona regable de la Real Acequia del Jarama es la que dispone de mayor volumen de agua; sin embargo, no es válida para abastecimiento por tratarse básicamente de agua residual depurada. En cuanto al Alberche, sí es agua de calidad y sería posible sustituir dotaciones de regadío del Canal del Bajo Alberche con agua del Tajo, como ha ocurrido en algunas ocasiones de sequía.

Se debe ser muy cautos con las cesiones de derechos y exigir a la Administración un control férreo de las transacciones.

Políticas de decrecimiento

Madrid y su conurbación se han convertido en un modelo de insostenibilidad incapaz de seguir creciendo ilimitadamente. La tendencia en grandes metrópolis de países desarrollados, empieza a ser el freno al crecimiento. Madrid ha perdido población por primera vez en el último año. La situación de crisis empuja a algunas familias a volver al medio rural o marcharse al extranjero. Asimismo, un gran número de inmigrantes han regresado a sus países. Además, el efecto de la crisis se traduce en menor actividad comercial e industrial. En nuestra cultura, se sigue asociando mayoritariamente "desarrollo", "crecimiento" y bienestar. Sin embargo, habría que reflexionar hacia donde queremos ir cual es el precio. En el caso de Madrid, el Gobierno regional sigue apostando por un modelo expansionista e insostenible. En el caso que nos ocupa, habría que recordar que el agua es un recurso renovable, pero no infinito.

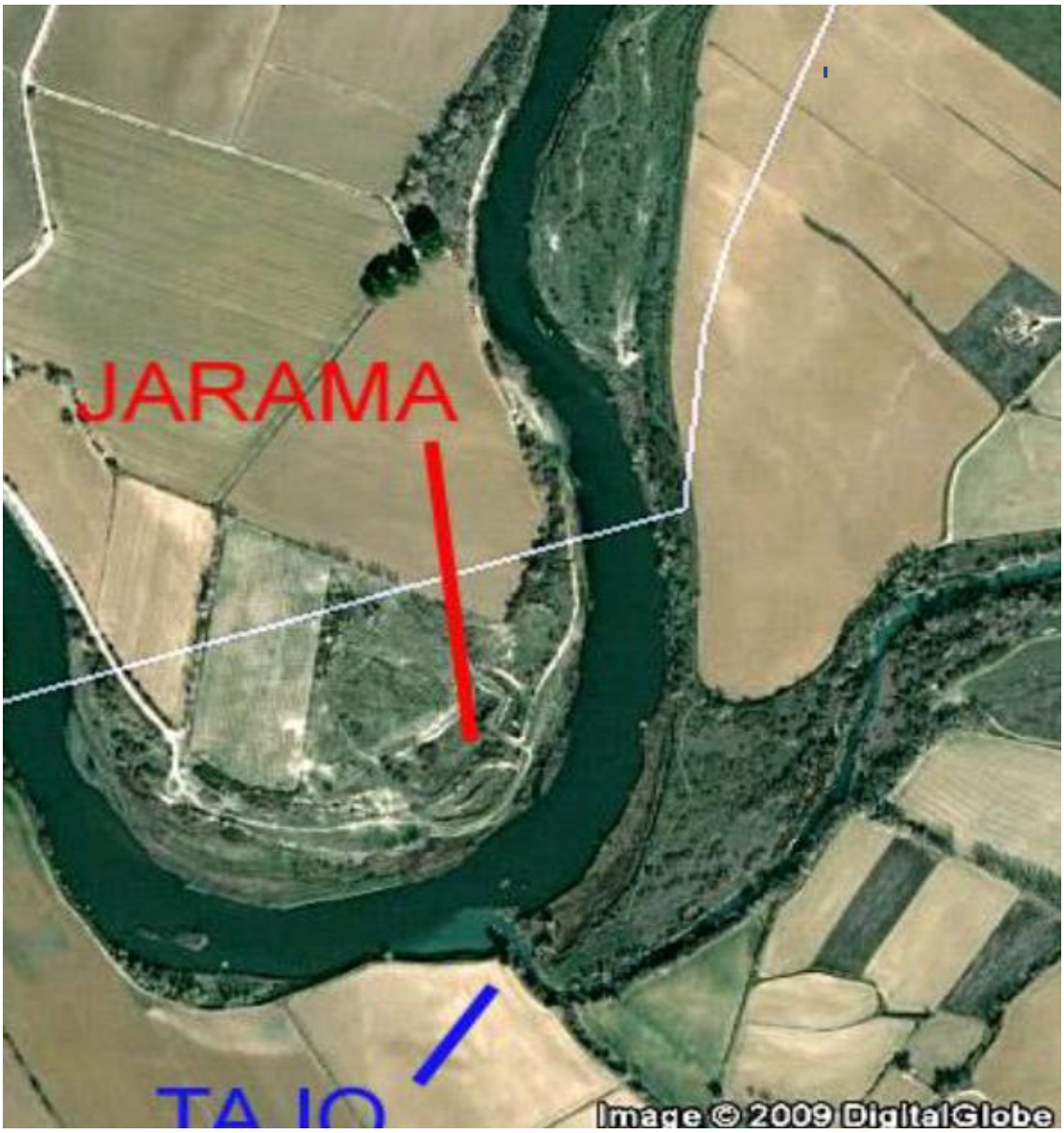
Otras medidas

Además de lo dicho anteriormente, es importante compatibilizar la protección de ríos, acuíferos, humedales y ecosistemas asociados a ellos, con los usos y demandas de la población. Otras propuestas complementarias serían: Evitar extracciones abusivas y perseguir las extracciones incontroladas de los acuíferos, por su lenta recuperación.

Se debe llevar a cabo una gestión integrada del agua, con criterios de gobernanza, transparencia y participación ciudadana. Se debe transitar desde un modelo basado en la explotación de los recursos hacia un modelo basado en su conservación y en la gestión responsable.

"Los problemas del agua no son solo de escasez, sino también de gestión."

Figura: 69 Desembocadura del Jarama en el Tajo



Fuente: Jornadas en Buendía de la Red Ciudadana del Tajo (Gallego, 2009)

CONCLUSIONES

El desarrollo de las ciudades ha estado siempre condicionado a la disponibilidad de recursos hídricos y su crecimiento ha generado nuevos patrones de consumo y una transformación muy intensa del medio físico. Es por ello que, la búsqueda de estrategias encaminadas a compatibilizar la garantía del suministro de agua y el saneamiento junto con la conservación de los ecosistemas acuáticos, debería ser una prioridad de todos los gobiernos a nivel mundial.

Madrid y su entorno se han configurado como una gran metrópoli, con una población de 6,5 millones de habitantes, que la sitúa en el tercer lugar del ranking europeo de capitales. Es la sede de grandes empresas nacionales y extranjeras, y es el centro en la toma de decisiones políticas, económicas y financieras. La Comunidad Autónoma de Madrid, en adelante CAM, genera el 32,7% de la cifra de negocios en España y su PIB es el 2º más alto de España. El sector servicios es la principal ocupación de la población, seguido del industrial, y suponen un 72% y un 10,1% de su Producto Interior Bruto (PIB), respectivamente. La tasa de paro es de las más bajas del país, a pesar de la situación de crisis que se vive actualmente y de la caída del sector de la construcción.

La ciudad de Madrid, la de mayor densidad demográfica de España, se sitúa en el Sistema Integrado de la Cuenca Alta del Tajo, que es la zona en la que se localizan las mayores demandas de agua y la que dispone de menores recursos hídricos. Las principales presiones en esta zona, que por su importancia condicionan el estado y la planificación del resto de la cuenca son, por un lado, el abastecimiento y el saneamiento de la región de Madrid, y por otro, la detracción de caudales para atender el trasvase Tajo-Segura. A ello hay que añadir la acusada disminución de las precipitaciones en los últimos 30 años y la intensificación de los periodos secos por efecto del cambio climático.

A partir de los años 60 del pasado siglo y debido al espectacular aumento demográfico de Madrid, se configuró un modelo territorial expansionista e inadecuado, que derivó en una ciudad socialmente polarizada. Esta redistribución de la población por todo el territorio regional fue determinante para diseñar una estructura de abastecimiento y saneamiento, sólida, compleja y capaz de satisfacer las necesidades de la gran metrópoli. Las directrices que se aplicaron estuvieron basadas en el aumento de la oferta: regulación de todos los ríos madrileños a través de una red de 14 embalses situados en sus cabeceras y

utilización de recursos complementarios desde otras cuencas externas (Alberche, Sorbe, Tajuña y Tajo). Posteriormente, se han incorporado al sistema aguas subterráneas que se utilizan como una reserva estratégica en periodos de escasez, y que pueden proporcionar uno de cada cuatro años, un volumen de 60-80 hm^3.

Es importante tener en cuenta que la CAM concentra al 83% de la población de toda la cuenca del Tajo, utiliza el 77% del volumen total de los recursos hídricos para abastecimiento, y paradójicamente, en su territorio se generan sólo el 10% de las aportaciones naturales. Las actividades económicas de la región y una población tan desorbitante, necesita de grandes volúmenes de agua con una garantía de cumplimiento muy estricta. A su vez, el abastecimiento y saneamiento de la fuerte concentración de población tienen una elevada incidencia sobre el medio ambiente, produciendo una grave contaminación de los ríos que atraviesan la CAM. Éstos, de carácter mediterráneo, presentan estiajes y una gran variabilidad interanual en el régimen de precipitaciones. Todos nacen en el Sistema Central, poseen aguas de muy buena calidad por el sustrato granítico que atraviesan y recorren la Comunidad de norte a sur, para desembocar la mayoría de ellos en el Jarama, que es tributario del río Tajo.

La empresa pública que gestiona el ciclo integral del agua es el Canal de Isabel II (CYII), que desde 2012 ha cambiado su naturaleza jurídica hacia un modelo mercantil. Se constata que, la gestión que se hace de los ríos madrileños es absolutamente utilitaria, obviando los aspectos ambientales. Además del alto grado de regulación al que están sometidos, solo existen caudales ecológicos en cuatro puntos "estratégicos" y que no siempre se respetan. Este tipo de gestión produce severas alteraciones hidrológicas en el régimen de caudales de los ríos, afectando a la dinámica fluvial y al estado de los ecosistemas acuáticos. Todo ello con el agravante de que todos los cursos fluviales están ligados a espacios protegidos y catalogados con distintas figuras de protección ambiental.

El agua de Madrid se aprovecha de forma intensiva y se deteriora gravemente durante su uso. A pesar de la inversión muy elevada en Planes de Depuración, de más de 3.800 millones de euros, no se ha conseguido eliminar la elevada presencia de contaminantes, debido básicamente a la falta de caudales de los ríos. El gran colector de todos los cauces fluviales y por tanto, de casi todas las depuradoras, es el Jarama, que recoge las aguas de los principales sistemas (Guadalix, Lozoya, Manzanares, Henares y Tajuña) y desemboca en el Tajo al sur de Madrid. El río Guadarrama, paralelo al Jarama, termina en el Tajo en la provincia de Toledo. Los ríos de Madrid por tanto, no cumplen los

objetivos ambientales que marca la Directiva Marco del Agua (CE, 2000) y la Confederación Hidrográfica del Tajo los ha incluido bajo un término que denomina de necesidad de "cumplimiento de objetivos menos rigurosos", que los emplaza hasta al menos el año 2027 para conseguir el buen estado o potencial ecológico. Más allá de esto, las aguas residuales de Madrid que transporta el Jarama se trasladan al Tajo que no tiene capacidad de dilución por la detracción de caudales que sufre al inicio de su cuenca; hasta el 80% de las aguas limpias de su Cabecera son enviadas al Levante a través del trasvase Tajo-Segura. Esto repercute muy negativamente en toda la cuenca del Tajo, especialmente en el tramo entre Aranjuez y Talavera, que ven así anulada su capacidad de desarrollo socioeconómico y de prestación de servicios ecosistémicos. Hay que tener en cuenta además, que el Borrador del siguiente Plan de Cuenca del Tajo, actualmente a información pública, perpetúa esta situación ilegal y continúa omitiendo la implementación de un régimen de caudales ecológicos para todo el Eje del Tajo. Se limita a fijar unos caudales "legales" muy inferiores a los determinados por métodos hidrobiológicos.

Respecto a las demandas para Madrid, el Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo (BOE 2014) establece unas necesidades totales para la Comunidad de Madrid de 987 hm^3/año, distribuidas en 738 hm^3/año para abastecimiento urbano, 228 hm^3/año para uso agrícola y 20 hm^3/año para usos industriales no vinculados al suministro urbano. Sin embargo, las proyecciones parecen estar sobredimensionadas, ya que las derivaciones para consumo entre 2004 y 2013 oscilaron entre los 602 hm^3 y los 496 hm^3, lo que indica que en los últimos 10 años se ha reducido el consumo en un 17,5%, a pesar del aumento de un 8% de la población. Esta disminución de la demanda se explica por la situación actual de crisis, las mejoras técnicas en la infraestructura de aducción y distribución, el control de fraudes y roturas, el aumento de las tarifas y el resultado de las campañas de concienciación ciudadana durante episodios de sequía. Aunque el consumo se haya reducido, hay que tener en cuenta que las aportaciones naturales en los ríos madrileños también han disminuido en un 21% en los últimos 20 años, cuya media queda establecida en 596 hm^3.

Los recursos en Madrid se destinan fundamentalmente a uso urbano e industrial, ya que las demandas agrícolas suponen solo un tercio del total. Dentro de la demanda urbana, la distribución de los usos es de un 74% para usos domésticos, un 20% para uso industrial y un 6% destinado a uso municipal. En cuanto a las pérdidas totales se estiman entre un 14-18%. Los mayores consumos en valores absolutos se dan en la zona sur metropolitana,

debido a la mayor densidad poblacional y a la concentración industrial. Sin embargo, en valores relativos, las mayores demandas se asocian a vivienda unifamiliar, en el noroeste, que representan el 15% del total con consumos de hasta 600 litros/habitante/día. El coste unitario en Madrid por los servicios del agua es de 1,9 euros/ m^3 y está por encima de la media nacional, aunque por debajo de la media europea. Las inversiones, tanto en abastecimiento como en depuración, han descendido considerablemente en los últimos años; sin embargo, las cuotas a los usuarios se han incrementado hasta tres veces por encima de los costes invertidos.

En cuanto a los cambios de uso del suelo, la densidad urbanística es tan elevada en el territorio madrileño que existe una vivienda por cada 2,2 habitantes. Y existen Planes urbanísticos para que la ciudad siga creciendo, como el Plan General de Ordenación Urbana (200.000 viviendas más), la Operación Chamartín (17.000 viviendas) y el complejo residencial de Campamento (15.000 viviendas).

Sintetizando, se puede afirmar que el balance entre aportaciones naturales y demandas es muy limitado. Así, si el volumen derivado para consumo en los últimos 20 años ha fluctuado entre los 495 hm^3/año y los 610 hm^3/año, y la media de las aportaciones en ese periodo ha sido de 596 hm^3/año, el grado de incertidumbre es muy elevado. Si además se tienen en cuenta las previsiones de crecimiento de Madrid y los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos, la insostenibilidad en el medio y largo plazo está asegurada.

Las medidas diseñadas desde las instituciones públicas para hacer frente a la escasez hidrológica en Madrid se basan en la elaboración de Planes de Sequía y Planes de Gestión de la Demanda, que incluyen medidas de ahorro, eficiencia y reutilización, y que, en general, no se han llevado a la práctica. Por otro lado, las propuestas del Canal de Isabel II continúan basándose en políticas de aumento de la oferta: incremento de la regulación del río Sorbe, del Jarama y del Alberche. En otra línea, proponen establecer una reserva estratégica en los embalses de Cabecera. Esta última iniciativa la han planteado tanto la Confederación Hidrográfica del Tajo, como la CAM. Sin embargo, este supuesto es inviable mientras no se revisen las Reglas de Explotación del Trasvase Tajo-Segura.

De acuerdo con todo lo expuesto anteriormente, las propuestas de gestión de este trabajo se basan en:

1. Planes de Gestión de la Demanda, a través de medidas de ahorro en hogares e industrias; redes separativas de aguas residuales, especialmente para vertidos industriales; medidas de eficiencia en aducción y en la distribución; reutilización de aguas regeneradas y de aguas pluviales; campañas educativas y ambientales; participación pública y políticas de gobernanza; recuperación de costes ambientales y del recurso a través de tarifas adecuadas; programas científicos de seguimiento para actualizar tendencias; y programas de evaluación.

2. Reserva estratégica en los embalses de Entrepeñas y Buendía en la Cabecera del Tajo Con una capacidad conjunta de 2.440 hm^3 y una gestión plurianual podrían ser una garantía adecuada para afrontar períodos de escasez hídrica en Madrid. El Trasvase Tajo-Segura condiciona totalmente la planificación hidrológica de la cuenca del Tajo y muy especialmente la de Madrid**.** Se deberían revisar las Reglas de Explotación del Trasvase, ya que el abastecimiento de Madrid es una demanda emergente, absolutamente estratégica en la cuenca del Tajo y prioritaria a otros usos en otras cuencas externas. Además, desde el punto de vista económico, el agua utilizada en el sector servicios e industrial de Madrid tiene una productividad de 1.000 euros/m^3, mucho más alta que en la agricultura de la cuenca del Segura que está entre 3,1 y 4,6 euros/m^3. Por otro lado, con un régimen natural de caudales en el Tajo, desviando aportaciones cuando fuese necesario para Madrid, se podría liberar de presión a los ríos que abastecen a la capital y mejoraría además, la calidad de todo el Eje del Tajo.

3. Establecimiento de caudales ambientales. Con la aplicación del punto 2, se facilitaría esta medida que permitiría que se cumplieran los objetivos ambientales que marca la Directiva Marco del Agua. Además, los ecosistemas acuáticos en buen estado amortiguan los efectos del cambio climático y reducen la contaminación a través de la autodepuración.

4. Cesiones de derechos. Revisión y reasignación de derechos de agua, tanto en usos agrícolas, como en concesiones para campos de golf. El sector agrícola en Madrid representa solo el 0,4% del empleo y el 0,1% del PIB. Se podrían reasignar las dotaciones de agua para agricultura, para usarlas en el sector industrial, municipal, en baldeos de calles, etc.

5. Políticas de decrecimiento. Proyecciones de futuro hacia una ciudad más sostenible a través de Planes Territoriales e Hidrológicos coordinados. Abandono de los Planes Urbanísticos para construir 233.000 nuevas viviendas.

6. Gestión pública, transparente y participativa del Canal de Isabel II, con mecanismos de control por parte de la ciudadanía.

Por último, cabe decir que sería necesario realizar una planificación hidrológica con una visión de conjunto real en la cuenca del Tajo y una verdadera gestión integrada de los recursos hídricos. Los aspectos ambientales deben ser considerados realmente y las necesidades hídricas de los ecosistemas acuáticos deben ser compatibilizadas con el resto de usos. El agua limpia de la Cabecera del Tajo que se trasvasa al Segura, al menos, debe ser tenida en cuenta dentro del proceso de planificación de la cuenca del Tajo y considerarse, por un lado como una fuerte presión en el resto de la Cuenca y, por otro, como una limitación de la garantía del abastecimiento de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

Abia de Tierra, P. (1982) *Las aguas residuales y la estructura de saneamiento en Madrid.* Resumen de la Memoria de la licenciatura. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, Nº3, editorial Complutense, 1983. Madrid.

AEOPAS (Asociación Española de Operadores Públicos de Abastecimiento y Saneamiento). http://www.aeopas.org/ (consultado el 4/11/2014)

Aguilera Klink (2002): *Vigencia y necesidad de la nueva economía del agua*. Ponencia presentada en el III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua, Sevilla, noviembre de 2002

Alcolea, M.; García J. (2006) *El agua en la Comunidad Autónoma de Madrid*. Observatorio Medioambiental. Nº9: 63-96. Madrid.

Armengol, J; Marcé, R. et al (2013). *Aportaciones de nutrientes desde la cuenca al embalse de Pinilla. Incidencia en el proceso de eutrofización*. Coordinador: Ibáñez, J.C. Cuadernos I+D+I nº 18, 2013. Canal de Isabel II Gestión, Madrid.

Arrojo, P; Babiano, L; Naredo. J.M. (et al.) (2014) *Más claro, agua. El Plan de saqueo del Canal de Isabel II*. (176 pp.) Marea Azul. Editorial Traficantes de sueños

Arrojo, P.; Bielsa, J.; Sánchez, J. (1997) *Fundamentos para una gestión del agua coherente con un modelo de desarrollo sostenible*. Libro de Actas I y II del Seminario del Agua, Instituto de Estudios Almerienses, Diputación de Almería

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS 2012) *Encuesta 2012 sobre suministro de agua potable y saneamiento en España* (29/06/2012). IAGUA http://www.iagua.es/noticias/gestion/12/06/28/encuesta-2012-de-suministro-de-agua-potable-y-saneamiento-en-espana-18441 (consultado 27/11/2014)

Ayuntamiento de Madrid (2005) *Plan municipal de gestión de la demanda en la ciudad de Madrid* (2005-2011). Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudad. Agenda 21

Ayuntamiento de Madrid. *Demografía y población. Población por distritos (Censo 2011).* Series de población. Estructura de la población por sexo y edad en la ciudad de Madrid (datos a 1 de enero de 2014)

Ayuntamiento de Madrid. Depuración de aguas residuales. Área de Medio Ambiente y Agua http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Medio-Ambiente/Agua/Depuracion-de-aguas-residuales?vgnextfmt=default&vgnextoid=ac470dd66e4ae210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnextchannel=ce54b5f73a077210VgnVCM1000000b205a0aRCRD&idioma=es&idiomaPrevio=es&rmColeccion=ab8325df9f4ae210VgnVCM2000000c205a0aRCRD (consultado el 5/12/2014).

Babiano, L. (2014*) Agua pública ya.* Blog del agua http://blogdelagua.com/inicio/agua-publica-ya/ (consultado el 25/11/2014)

Baeza, D.; Hernández-Mora, N. (2006). *La gestión del agua en Madrid, una vuelta a la irracionalidad*. Comunicación presentada al V Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión del Agua. Ciencia, técnica y ciudadanía, claves para la gestión sostenible del agua, Faro (Portugal), 4-8 de diciembre de 2006.

Benlliure, J.J. (2004) *Los límites territoriales del consumo urbano en la Comunidad de Madrid.* Boletín CF+S 52/53. En defensa de la reflexión pausada, pp. 178-235.

BOCAM (1983) Ley Orgánica 3/1983 de Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid.

BOCM (2011) *Concesión de 60 hm^3 desde el río Tajo para abastecimiento de Madrid. II Disposiciones y Anuncios del Estado*. Confederación Hidrográfica del Tajo. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. BOE (1985) *Ley 29/1985 de 2 de agosto sobre Ley de Aguas y Protección del Dominio Público Hidráulico*

BOE (1985) *Ley 29/1985 de 2 de agosto sobre Ley de Aguas y Protección del Dominio Público Hidráulico*

BOE (1998) Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre régimen del suelo y valoraciones (BOE nª 89 de 14 de abril de 1998)

BOE (2001a) *Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional*. Jefatura del Estado.BOE núm. 161, de 6 de julio de 2001. Última modificación: 4 de julio de 2014.Referencia: BOE-A-2001-13042.

BOE (2001b) Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas

BOE (2005). *Real Decreto-Ley 15/2005, de 16 de diciembre, de medidas urgentes para la regulación de las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua*.

BOE (2013) *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental*. Jefatura del Estado. BOE número 296 de 11 de diciembre de 2013, páginas 98151 a 9822

BOE (2014) *Código de Aguas.* Colección Códigos electrónicos. Boletín General del Estado. Edición actualizada a 15/09/2014 http://www.boe.es/legislacion/codigos/

Boletín General de las Cortes del Senado (1988). P*regunta de Juan Antonio de Luna por el cobro de tarifas*. Madrid. Nº 231. Serie I, 3ª Legislatura. (pp 1002-03

Boletín General de las Cortes del Senado (1988). P*regunta de Juan Antonio de Luna por el cobro de tarifas*. Madrid. Nº 231. Serie I, 3ª Legislatura. (pp 1002-03).

Cabrera, E (2008) *El suministro de agua en España*. Panel científico-técnico de seguimiento de las políticas de agua. Convenio Universidad de Sevilla-MIMAM. Fundación Nueva Cultura del Agua.

Cabrera, E.; García-Serra, J.; Pérez, R. (1999) *Los abastecimientos de agua en España: Una propuesta de actuación. Jornadas Internacionales sobre Uso Racional del Agua en las Ciudades*. Proyecto LIFE Alcobendas, Ciudad del agua para el siglo 21. WWF – Adena.

CAM (1984) R.D. 1873/84 de 26 de septiembre por el que el Canal de Isabel II se transfiere a la Comunidad Autónoma de Madrid.

CAM (1984) Ley 17/84 de 20 de diciembre regula el abastecimiento y saneamiento en la Comunidad de Madrid

CAM (1985) *Plan de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Comunidad de Madrid* (1995-2005). Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid

CAM (2014) *Delimitación de las masas de agua subterránea de la Comunidad de Madrid*. Área de Información y Documentación Ambiental. Medio Físico. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM.

CAM (2014) Espacios naturales protegidos. Madrid.org http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=Page&cid=1273687122273&idTema=11425987394

68&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&pid=1273078188154 (consultada 15/11/2014).

CAM (2014a) *Indicador: disponibilidad de agua para consumo*. Sistema Regional de Indicadores Ambientales. Código AG-03, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM. Área de Información y Documentación Ambiental, fecha de publicación octubre de 2014.

CAM (2014b). *Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid*. Dirección General de Economía y Política Financiera. Consejería de Economía y Hacienda de la CAM.

CAM (2014) Varias consultas http://www.madrid.org/cs/Satellite?pagename=ComunidadMadrid/Home

Canal de Isabel II (2012b). *Informe de Adaptación al Cambio Climático*. Fundación Canal, Madrid

Canal de Isabel II (2013) Memoria Anual del Canal de Isabel II. Varios años. Madrid.

Canal de Isabel II (2011) *Primer depósito elevado de agua en Madrid. Cien años haciendo historia*. Fundación Canal de Isabel II

Canal de Isabel II (2012). *Tratamiento del agua potable*. Gestión de los recursos hídricos. Madrid

Canal de Isabel II (2012). Informe anual 2012. Canal de Isabel II Gestión. Madrid.

Canal de Isabel II Gestión (2014) . http://www.canalgestion.es/es/

Cámara de cuentas de la Comunidad de Madrid (2005) *Informe de Fiscalización del ciclo urbano del agua en la Comunidad de Madrid*

Casado Galván, I.: *Apuntes sobre el origen y la historia de la ciudad*, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, enero 2010, www.eumed.net/rev/cccss/07/icg2.htm

Castillo, A.G (2009). *Informe sobre la Fiscalización del Ciclo Urbano del Agua en la Comunidad de Madrid*. Cámara de Cuentas, Comunidad de Madrid. Seminario sobre Auditoría pública medioambiental: Retos y oportunidades para los órganos de control externo. Barcelona, octubre de 2009.

CE (1979) *Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979,* relativa a la conservación de las aves silvestres ("Directiva de Aves").

CE (1992) *Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo de 1992*, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres ("Directiva de Hábitats").

CE (2000) *Directiva Marco del Agua del Parlamento Europeo y el Consejo de 23 de octubre de 2000,* por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

CE (2007) *Directiva 2007/60/CE del Parlamento y el Consejo Europeo de 23 de octubre de 2007* sobre evaluación y gestión de las inundaciones

CEDEX (2008) *Evaluación del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural.* Dirección General del Agua. Supervisión, Oficina de Cambio Climático en España. 281 pp. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Madrid.

CEDEX (2011) *Evaluación del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural.* Centro de estudios hidrográficos, tomo I, clave 42-407-1-001. Dirección General del Agua. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Madrid.

CHT (1998) *Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo*. Confederación Hidrográfica del Tajo. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

CHT (2002) *La Cuenca del Tajo en cifras,* 2ª edición. Confederación Hidrográfica del Tajo. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

CHT (2005): *Estudio general de la demarcación*. Informe 2005: Caracterización de la demarcación y registro de zonas protegidas. Confederación Hidrográfica del Tajo Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

CHT (2007a) *Estudio General sobre la Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Dirección General del Agua. Programa AGUA. Ministerio de Medio Ambiente

CHT (2007b): *Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la Cuenca Hidrográfica del Tajo*. Confederación Hidrográfica del Tajo Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

CHT (2008): *Esquema provisional de temas importantes en materia de gestión de las aguas en la Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Confederación Hidrográfica del Tajo, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

CHT (2010a) *Proyecto de Rehabilitación de los ríos Tajo y Jarama en la Junta de los ríos*. TTMM Seseña (Toledo) y Aranjuez (Madrid). Estrategia nacional de restauración de ríos. Confederación Hidrográfica del Tajo Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

CHT (2010b): *Esquema de temas importantes en materia de gestión de las aguas en la Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Confederación Hidrográfica del Tajo, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

CHT (2011a) *Plan Hidrológico del Tajo*. Participación pública de los Planes Hidrológicos de Cuenca. Madrid 23 de febrero de 2011. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

CHT (2011b): *Plan Hidrológico de cuenca en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Borrador para consulta pública. Memoria, anexos, fichas. Confederación Hidrográfica del Tajo Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y

CHT (2013a): *Esquema de temas importantes en materia de gestión de las aguas en la Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Confederación Hidrográfica del Tajo. Ministerio Agricultura y Medio Ambiente, Madrid.

CHT (2013b): *Propuesta de Proyecto del Plan Hidrológico de cuenca en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Borrador para consulta pública. Memoria, anexos, fichas. Ministerio Agricultura y Medio Ambiente, Madrid.

CHT (2013c) *Memoria Síntesis del Proyecto del Plan Hidrográfica del Tajo* Ministerio Agricultura y Medio Ambiente, Madrid

CHT (2014) *Real Decreto 270/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo.*BOE número 89 (12/04/2014). Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente

Cities Alliance: *Annual Report 2014*. http://www.citiesalliance.org/CitiesAlliance-AnnualReport-2013-final.pdf

Comunidad de Madrid. *Dinámica de la población*. Datos de 2001 a 2014. http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1158849749174&pagename=Inversor%2FPage%2FINVE_contenidoFinal

Congreso de los Diputados (2005). *Real Decreto-Ley 15/2005, de 16 de diciembre, de medidas urgentes para la regulación de las transacciones de derechos al aprovechamiento de agua.* (130/000026).

Contreras Natera, M.A., Soja E. (2008) *Postmetrópolis: Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*. Cuadernos del Cendes. Año 29. Número 81 (septiembre-diciembre 2012). Madrid, Traficantes de Sueños.

Cubillo, F. (2008) *Las situaciones de emergencia. Prevención y gestión*. Canal de Isabel II. Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Vitoria, 4 al 7 de diciembre de 2008.

Cubillo, F. (2013) *La demanda urbana de agua. Caracterización, predicción y gestión, en El Agua en el Medio Urbano*. V Edición del Máster en gestión fluvial sostenible y gestión integrada de aguas, Universidad de Zaragoza.

Cubillo, F. e Ibáñez J.C. (2003) *Manual de Abastecimiento del Canal de Isabel II*. Canal de Isabel II, Madrid

Cubillo, F.; Ibáñez, J.C.; Fernández, F.J. (2001) *Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid*. Fundación Canal de Isabel II, Madrid.

Cubillo, F.; Ibáñez, J.C.; Fernández, F.J. (2001) *Los usos finales del agua como base para la caracterización y predicción de la demanda en la Comunidad de Madrid*, Fundación Canal de Isabel II, Madrid.

Cubillo, F.; Moreno T.; Ortega, S. (2008) *Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid.* Cuadernos de I+D+I, nº8. Canal de Isabel II. Madrid.

Cuñado, D (2012) *¿Fue la Ley del Suelo de Aznar el origen de la burbuja inmobiliaria?* Blog Un bosque de matices http://danielcunado.wordpress.com/2012/06/13/fue-la-ley-del-suelo-de-aznar-el-origen-de-la-burbuja-inmobiliaria/ (última consulta 24/11/2014)

Dinarés, M. *Urban metabolism. A review of recent literatura on the subject*. Noviembre 2013. Documents d´Analisi Geografica 2014. Vol 60/3 (550-571). Universitat Autonoma de Barcelona.

Directiva 91/271 /CEE del Parlamento Europeo y el Consejo sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Directiva 91/676/CEE del Parlamento Europeo y el Consejo relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

DMA (2000) *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y el Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*.

EEA (2012). *Towards efficient use of wáter resources in Europe*. European Environment Agency Report nº1/2012

EEA (209). *Water resources across Europe, confronting water scarcity and drought* European Environment Agency Report nº2/2009

Espinar M., Abellán J. (1997-98). *Captación, distribución y usos del agua en las ciudades musulmanas*: El caso de Almería, Guadix y Granada. Miscelánea Medieval Murciana. Vol. 21-22 (páginas 83-110).

Estevan A. (2008) *Herencias y problemas de la política hidráulica española.* Fundación Nueva Cultura. Bakeaz. Pág 19-20. Análisis de presiones e impactos. Capítulo 4.

Estevan, A.; La Calle, A. (2007) *Transferencias de Derechos de Agua entre Demandas Urbanas y Agrarias*. El caso de la Comunidad de Madrid. Cuadernos I+D+I. Nº 1. Canal de Isabel II.

EU (2012) *Blueprint to safeguard Europe's Water Resources*. Comminication from the Commission (COM 2012/673. European Commission Environment http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/index_en.htm

European Water Organization. http://www.europeanwater.org/es(consultado el 30/09/2014)

FNCA (2014). Varias consultas. http://www.fnca.eu/la-fundacion

FNCA (2014) Hernández-Mora, N.; Baeza, D.; Sánchez, M.A.: Urquiaga, R.; Fernández, D.; Gallego, M.A et al. *Informe del Primer Ciclo de Planificación. Demarcación Hidrográfica del Tajo*. Observatorio de Políticas del Agua (OPPA). Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza.

Fundación Biodiversidad (2013). *Cambio climático: Bases Físicas del 5º Informe de Evaluación del IPCC*. Grupo de trabajo I. Centro Nacional de Educación Ambiental, Oficina Española de Cambio Climático, Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, Madrid.

Gallego, S (2013) *La determinación de excedentes trasvasables en el caso del Trasvase Tajo-Segura*. Comunicación presentada en el VI Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión del Agua. Los nuevos planes de gestión de cuenca: una recuperación para los ciclos del agua, Vitoria, 4 al 7 de diciembre de 2008.

Gallego, S. (2008) El *cálculo de los recursos disponibles en los Planes de Gestión de Cuenca.* VI Congreso Ibérico. Vitoria. FNCA http://www.fnca.eu/congresos-anteriores

Gallego, S. (2009) *La cuenca del Tajo: Situación actual, planificación y trasvases*. III Jornadas por un Tajo Vivo. Buendía (Cuenca) 16 y 17 de mayo de 2009.

Gallego, S. (2012a) *Plan Nacional de Reutilización y nuevos trasvase en el Tajo*. Red Ciudadana por el Tajo y sus ríos. VI Jornadas por un Tajo Vivo, 9 al 12 de octubre, 2012, Toledo.

Gallego, S. (2012b) *Principales aspectos de los planes hidrológicos de cuenca que pueden afectar a la conservación de las aves: Implicaciones y medidas legales*. Sociedad Española de Ornitología (SEO)

Gallego, S.; Hernández Mora, N. (2013). *Disfunciones en la venta de derechos de uso del agua en el ámbito del Trasvase Tajo-Segura*. Comunicación presentada en el VIII Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión del Agua. Cambio de planes: Análisis crítico del primer ciclo europeo de planificación hidrológica y la expectativa de los planes únicos para 2015 en España y Portugal, Lisboa, 5 al 7 de diciembre de 2013.

Gallego, S.; La Calle, A.; Brufao, P. (noviembre de 2013). *Versión inicial del Informe relativo a la modificación del régimen del trasvase Tajo-Segura en el proyecto de la Ley de Evaluación Ambiental*, en Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza.

http://www.fnca.eu/images/documentos/DOCUMENTOS/20131030_informe_modifica_tajo-segura.pdf

Gandy, M.(2002). *Concrete and clay: reworking nature in New York City*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts; London, 344 pp.

García M.; González F.; Guardiola J. (2009) *La gestión del servicio de abastecimiento de agua en las ciudades. ¿Empresa pública o privada*? XVI Encuentro de Economía Pública. Granada, 5-6 de febrero de 2009.

Garrido, A., Gil, M., & Gómez-Ramos, A. (2008). *Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español.* Comunicación presentada al VI Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del agua, Vitoria.

Garrote, L.; Iglesias, A (2012) *Adaptación al cambio climático. Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos en los recursos hídricos de la CAM*. Universidad Politécnica de Madrid y Fundación Canal Isabel II, 2012, Madrid.

Gómez, C. M., Delacámara, G., Pérez, C. D., Ibáñez, E. y Solanes, M. (2011) Evaluating Economy Policy. Instruments for sustainable water management in Europe. WP3 Ex Post *Water Transfer in the Tagus River Basin (Spain*). Review reports (D3.1).

Gónzalez, J (2005) *El precio del agua en las ciudades. Reflexiones y recomendaciones a partir de la Directiva 2000/60/CE*. Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, XXXVII (144) 2005.

GRAMA Jarama Vivo (2010*) Informe sobre la afección hidrológica del río Jarama*. Madrid.

Heras, F. (1998) *¿Más agua para Madrid? Datos y reflexiones para un debate necesario*. Nueva Cultura del Agua. Serie Informes. http://www.fnca.eu/libreria/225-coleccion-informes-nca

IGME, (2012) *Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica*. Dirección General del Agua, Ministerio de Economía y Competitividad y Ministerio de Medio Ambiente. Loreto, F. (ed.), pp 481 (2012)

INE (2008) *Encuesta de hogares y medio ambiente.* Boletín informativo. Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad

INE (2009*) Encuesta sobre Censo Agrario de 2009.* Instituto Nacional de Estadística

INE (2011) *Encuesta sobre Usos del Agua de 2011*. Instituto Nacional de Estadística

INE (2012) *Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua* y *Encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario* Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad

INE (2012) *Encuesta sobre el uso del agua en el sector industrial*. Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad

INE (2014) *Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua en 2012*. Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad. Nota de prensa http://www.ine.es/prensa/np872.pdf (última consulta el 25/11/2014).

INE (2014) *Proyecciones de hogares 2014-2029*. Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad.

INE (2014b) *Proyección de Hogares 2014-2029*. Instituto Nacional de Estadística

INE (2014c) del padrón continúo. Población por Comunidad Autónoma. Datos a 1 de enero de 2014. Instituto Nacional de Estadística

INE 2014a) *Encuesta sobre Suministro y Saneamiento en 2012*. Instituto Nacional de Estadística

INE base. *Alteraciones de los municipios en censos de población desde 1842*. http://www.ine.es/intercensal/intercensal.do?search=3&codigoProvincia=&codigoMunicipio=&btnBuscarCod=Consultar+selecci%F3n (consultado el 07/12/2014)

Instituto Nacional de Estadística

Kaika, M. Swyngedouw, E. (2014) *Urban Political Ecology. Great promises, deadlock and new beginning.* Documents d´Analisi Geografica. Vol 60/3 (479-481). Universitat Autonoma de Barcelona

Kishimoto, S.; Petitjean, O. (2014) *Alianzas locales, estrategias paneuropeas y alternativas*. Viento Sur.info http://vientosur.info/spip.php?article9217 (consultado el 20/10/2014)

Kotto, U. *Origen del urbanismo moderno. La ciudad industrial*. Foro UNED, octubre 2011.

Liébana, G. (2006) *El abastecimiento de agua a Madrid*. Colección Ciclos Complutenses. Serie Ciencia y Sociedad. Vol. 1. Editorial Complutense.

Llamas, R.; Villarroya, F (ed.) (2010) *Madrid del Agua. Problemas hídricos*. Colección Ciclos Complutenses. Serie Ciencia y Sociedad. Vol. 1. Editorial Complutense.

López Geta, J.A; Villarroya, F. et al (2009) *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Fundación Marcelino Botín. IGME 2009. 4ª edición. 90 pp.

López-Camacho, B.; Iglesias, J.A. (2006). *Explotación de los recursos hídricos y abastecimiento de agua a la Comunidad de Madrid* Ponencia dentro las Jornadas del Ciclo Complutense de Ciencia y Tecnología de la Fundación de la Universidad Complutense de Madrid. Madrid del Agua (ed. Llamas, Villarroya 2010) pp 110-120.

Magdaleno Mas, F (2013) *Informe sobre la afección hidrológica de la regulación del río Jarama en el LIC 3110001*(Cuencas de los ríos Jarama y Henares). Informe inédito, Madrid.

MAGRAMA (2013) *Anuario de aforos, tomo I (2011-2012)*. Centro de publicaciones. Dirección General del Agua. CEDEX. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, Madrid.

MAGRAMA (2014) *Desarrollo, situación actual y perspectivas de futuro de las presas en España*. Seguridad de presas y embalses. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, Madrid. http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-embalses/desarrollo/#section

MAGRAMA (28/02/2013) *Acta de la reunión para el estudio de la articulación del trasvase Tajo-Segura* http://www.redtajo.es/images/new/Acta%20antitajo.pdf

Martín, V.; Martín, B.; Soto, M. (2014). *El Regadío en la región de Murcia. Caracterización y análisis mediante indicadores de gestión*. ISBN 978-84-6970372-4. Sindicato Central de Regantes del Trasvase Tajo Segura (SCRATS), Murcia.

Martínez, A (2001) *El Plan de Saneamiento y Depuración de la Comunidad de Madrid*. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Dirección de Producción y Medio Ambiente Canal de Isabel II. Tomo I (pp. 1071-1078).

Martínez, J. (2002). *Agua, Regadío y Sostenibilidad en el Sudeste Ibérico*. Editorial Bakeaz. Bilbao

Martínez, J.; Prieto, F.; Ruiz, P. (2008) *Prospectiva 2030 de los cambios de ocupación del suelo en España y sus impactos en el ciclo hidrológico.* Observatorio de la Sostenibilidad.

Menéndez, A. (2009) *Sin agua no puede haber desarrollos urbanos*. Revista ambienta.

MIMAM, (1998). *Libro Blanco del Agua en España*: Documento de Síntesis. Ministerio de Medio Ambiente.

MIMARM (2005). *La nueva EDAR de la Gavia en Madrid, una de las más grandes y modernas de Europa*. Revista Ambienta (julio-agosto 2005; pp. 65-68). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Madrid.

MIMARM (2009) *Anuario de aforos, tomo I (2007-2008).* Centro de publicaciones.

Moliní, F.; Salgado, M. (2010) *Superficie artificial y vivienda unifamiliar en España dentro del debate entre ciudad compacta y dispersa*. Boletín de la Asociación de Geógrafos nº 54, 2010. Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid.

Moltó, E., Olcina, J (2010) *Recursos de agua no convencionales en España: Estado de la cuestión*. Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante. Investigaciones Geográficas, nº 51 pp. 131-163

MOPT (1967) *Complejo Tajo- Segura* en *Anteproyecto General de Aprovechamiento Conjunto de los Recursos Hidráulicos del Centro y Sureste de España*, en Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Naredo, J.M. (2008) *Lo público y lo privado, la planificación y el mercado, en la encrucijada actual de la gestión del agua en España*. Panel Científico-Técnico de seguimiento de las Políticas de Aguas. Convenio Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente. FNCA.

Naredo, J.M. (2014) *Contra el saqueo de lo público* en *Más claro el agua*. Traficantes de sueños, Madrid.

Naredo, J.M.; Carpintero, O Frías; Gascó JM (2009) *El agua virtual y la huella hidrológica en la Comunidad de Madrid.* Cuadernos de I+D+I, nº5. Dirección: Cubillo, F. Canal de Isabel II. Madrid.

Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) (2006). *Cambios en la ocupación del suelo en España*. Implicaciones para la sostenibilidad. Ministerio de Fomento

Olcina Cantos, J. *España, territorio de riesgo* (2009). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, volumen 17, número 3. Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad de Alicante.

Olcina Cantos, J. *Informe del Primer Ciclo de Planificación. Riesgos climáticos y Cambio Climático*. Observatorio de Políticas del Agua (OPPA). Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza.

OMS (2010) Programa de la ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio. Agua y Ciudades, Hechos y Cifras.

ONU (2007). *Previsiones demográficas mundiales*. Resumen. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de población. Nueva York

ONU (2010) Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010. 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento. Sexagésimo cuarto período de sesiones. Tema 48 del programa. 108ª sesión plenaria, 28 de julio de 2010

ONU Hábitat.Organización Mundial de la Salud y Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. *Ciudades: Necesidades en competencia en un medio urbano*. Capítulo 7. http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/pdf/chap7_es.pdf

Ruiz, J.M. (2008) *La vulnerabilidad del sistema de la gestión del agua española ante el cambio climático*. VI Congreso Ibérico. Vitoria. FNCA

Saurí, D.; Cantó Sergi. (2008). *Integración de políticas sectoriales: Agua y urbanismo*. Panel científico- técnico de seguimiento de políticas de aguas. Convenio Universidad de Sevilla-MIMAM. Fundación Nueva Cultura del Agua.

SINAC (2005) Orden de SCO/1591/2005 de 30 de mayo sobre el sistema de información nacional de consumo.

SINAC. Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo. http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/Calidad_agua_consumo_INFORME_2012.pdf (consultado el 4/12/2014)

Sotelo, J.A. (2006) *Desarrollo y medio ambiente en el Municipio de Madrid: Abastecimiento y saneamiento urbano.* Departamento Análisis Geográfico Regional Geografía Física. Observatorio Medioambiental, 2006, núm. 9 215-264. Universidad Complutense de Madrid.

SPANCOLD (20/05/2013) *¿Cuántas presas hay hoy en España?* Comité Nacional Español de la Comisión Internacional de Grandes Presas. Revista Iagua (consultado el 20/10/2014)

Torremocha M. A. *Aproximación a la geografía de la Comunidad de Madrid*. Capítulo II. *El Relieve*. (1992) Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad de Madrid. Dirección General de Educación

TSJ Madrid (2014) Sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Madrid 2000/2014. Sala de lo Contencioso Administrativo. Sección Sexta. Sentencia 126. Sobre cesiones de derechos

UNICEF/ OMS (2012) *Progress on drinking Water and Sanitation*. Programa conjunto para el monitoreo del Abastecimiento y Saneamiento Mundial

Villarroya, F. (2006) *Los acuíferos de la Comunidad de Madrid*. Ponencia dentro de las Jornadas del Ciclo Complutense de Ciencia y Tecnología de la Fundación de la Universidad Complutense de Madrid. Madrid del Agua (ed. Llamas, Villarroya 2010) pp 91-107.

Yagüe, J (2010) *Plan Nacional de Reutilización del Agua*. Dirección General del Agua. MARM

PÁGINAS WEB Y ARTÍCULOS DE PRENSA

ATTAC (2010) *La privatización del Canal de Isabel II* Attac Madrid. http://www.attacmadrid.org/?p=3067 (consultado el 4/10/2014)

Ayuntamiento de Madrid (2014) Plan General de Ordenación Urbana. http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Urbanismo-e-Infraestructuras/Revision-del-Plan-General?vgnextfmt=default&vgnextchannel=4d190d0215664310VgnVCM2000000c205a0aRCRD

Benito F.J. (10/11/2013) *La Universidad de Alicante advierte que el Plan del Tajo amenaza el trasvase*. Diario Información de Alicante (consultado el 14/10/2014)

Buitrago, M. (15/09/2014) Agua a bocajarro. El blog de Buitrago en la Verdad de Murcia. http://blogs.laverdad.es/buitrago/2014/09/15/agua-a-bocajarro/ (consultado el 12/12/2014)

Chavarrías, M. (2007) *El acceso al agua potable como fuente de seguridad* Eroski Consumer Revista

Cadena SER. Radio Madrid (10/12/2014) *La Comunidad confirma contactos para reactivar la operación Campamento*. http://cadenaser.com/emisora/2014/12/10/radio_madrid/1418216281_184985.html (consultado 20/01/2015)

Cordero D. (11/06/2014) *El área metropolitana consuma la privatización del agua en Barcelona*. El País Cataluña. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2014/06/10/catalunya/1402431607_918244.html (consultado el 1/10/2014)

Cordero D. (11/12/2012) *El área metropolitana de Barcelona subirá la tarifa del agua hasta un 27%.* El País Cataluña http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/12/11/catalunya/1355254049_525134.html (consultado el 1/10/2014)

Cordero, D. (28/12/2012) *La Generalitat y Acciona formalizan la privatización de Aguas Ter-Llobregat.* El País Cataluña. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/12/27/catalunya/1356631186_494194.html (consultado el 1/10/2014)

Criado, M.A. (02/11/2014) *El cambio climático avanza con impactos irreversibles*. El País Ciencia. http://elpais.com/elpais/2014/11/02/ciencia/1414927955_896799.html (consultado el 20/12/2014)

Diagonal Global (11/08/2014) *El nuevo PGOU de Madrid, más especulación.* https://www.diagonalperiodico.net/global/23597-nuevo-pgou-mas-especulacion.html (consultado el 18/12/2014)

Econoticias.com (05/12/2014) *Europa podría obligar al saneamiento del río Henares a su paso por Alcalá*. http://www.ecoticias.com/naturaleza/98163/Europa-podria-obligar-saneamiento-rio-Henares-paso-Alcala (consultado el 07/12/2014)

EE.AA. (2008). *Aguirre inicia la privatización del Canal de Isabel II* Ecologistas en Acción. http://www.ecologistasenaccion.org/article12873.html

EE. AA. (2013) *El nuevo Plan de Cuenca del Tajo, una amenaza para los ríos madrileños*. Ecologistas en Acción .Boletín, Julio 2013, Madrid. http://www.ecologistasenaccion.es/article26190.html

El País ((17/02/1984)) *Tierno afirma que el Plan de Saneamiento Integral de Madrid avanza inexorablemente* http://elpais.com/diario/1984/02/17/madrid/445868656_850215.html (consultado el 6/12/2014)

El País (30/01/2015) La operación Chamartín resucita con parques, equipamientos y rascacielos. García Gallo, B. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2015/01/30/madrid/1422616955_303909.html (consultado el 31/01/2015).

Estefanía, J. (10/11/2013). *Agua bien público*. El País. file:///C:/Users/usuario/Documents/materiales_AGUA/Agua%20%20bien%20p%C3%BAblico%20_%20Opini%C3%B3n%20_%20EL%20PA%C3%8DS.htm

Europa Press Madrid (4/12/2014) *UPyD pide a la Comisión Europea que obligue al saneamiento al río Henares a su paso por Alcalá de Henares*. http://www.europapress.es/madrid/noticia-upyd-pide-comision-europea-obligue-saneamiento-rio-henares-paso-alcala-20141204185723.html (consultado el 5/12/2014)

Europa Press. *El área metropolitana de Madrid tiene 7,3 millones de habitantes*. El Mundo.(19/04/2014) http://www.elmundo.es/madrid/2014/04/19/53528980268e3ee5268b456b.html

Expansión.com (10/12/2014). *El millonario chino Jianlin quiere hacer 15.000 casas en Madrid.* http://www.expansion.com/2014/12/10/empresas/inmobiliario/1418242230.html (consultado el 20/01/2015)

Fernández M.A. (1/12/2014) *Falta interés gubernamental para que todas las personas tengan agua*. Planeta Internacional. El País internacional http://elpais.com/elpais/2014/11/27/planeta_futuro/1417092594_851242.html (consultado el 1/12/2014)

Fernández, A. (2013) *Ríos amenazados, un problema mundial*. Fundación Eroski. (consultado el 17/10/2014)

Fernández, A. Marcos, J. (04/08/2014) *Agua pública o privada, la batalla social que recorre el Viejo Continente*. El Confidencial.

file:///C:/Users/usuario/Documents/materiales_AGUA/Agua%20p%C3%BAblica%20o%20privada,%20la%20batalla%20social%20que%20recorre%20el%20Viejo%20Continente%20-%20Noticias%20de%20Mundo.htm (consultado el 15/10/2014)

Fowks, J. (22/06/2012) *El conflicto minero en Cajamarca atenaza al gobierno de Perú.* El País Internacional http://internacional.elpais.com/internacional/2012/06/22/actualidad/1340367008_274476.html (consultado el 26/11/2014)

Fraguas, R. (22/02/2006) La venta de aguas a Murcia enfrenta a parcelistas y regantes del canal de Estremera. Diario El País http://elpais.com/diario/2006/02/22/madrid/1140611060_850215.html (consultado el 08/12/2014)

Fraguas, T. (10/04/2014). "*La lucha por el oro azul*". La Marea. file:///C:/Users/usuario/Documents/materiales_AGUA/La%20lucha%20por%20el%20oro%20azul%20-%20La%20Marea.htm (consultado el 15/10/2014)

García Gallo, B. (30/06/2012) Madrid 2030: ciudad de los bulevares. El País. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/07/29/madrid/1343579887_354178.html (consultado el 14/12/2014)

Grupo Aguas de Valencia https://www.aguasdevalencia.es/portal/web/Conocenos/NuestraOrganizacion/Accionariado.html (consultado el 1/10/2014)

Hispagua (2007) *Abastecimiento de agua en España*. Sistema Español de Información sobre el Agua http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/suplementos/abastecimiento_espana/distribucion.htm (consultado el 3/11/2014)

Histórico digital. Aqua: el abastecimiento de agua en las ciudades romanas. http://historicodigital.com/ (consultado el 2/10/2014)

http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-yconsumo/2005/03/31/17430.php

http://www.diarioinformacion.com/alicante/2013/11/10/universidad-advierte-consell-gobierno-nuevo/1435841.html

http://www.latribunadetalavera.es/noticia/Z8C086862-A281-D4F9-17F20581607E792D/20130401/plan/finisterre/regular/agua/invernal/lleva/150/millones

Iagua (24/06/2008) La Junta de Castilla la Mancha recurre a la venta de agua de los regantes de Estremera a los de El Segura http://www.iagua.es/2008/06/la-junta-de-castilla-la-mancha-recurre-la-venta-de-agua-de-los-regantes-de-estremera-a-los-del-segura (consultado el 08/12/2014).

Iagua (20/01/2015) El Canal de Isabel II abastecerá a la urbanización del Parque de Guadarrama en Móstoles. http://www.iagua.es/noticias/espana/ep/15/01/20/canal-isabel-ii-abastecera-agua-urbanizacion-parque-guadarrama-mostoles (consultado el 21/01/2015).

Infobae (24/11/ 2014) El *mapa del día: la disponibilidad de agua dulce para el 2.100* http://www.nuevatribuna.es/articulo/sociedad/remunicipalizar-agua-nueva-tendencia-mundo/20141119174728109399.html . (Consultado 27/11/2014)

Infolibre (20/10/2014) *El Canal de Isabel II reparte 280 millones n dividendos mientras aumenta su deuda.* http://www.infolibre.es/noticias/politica/2014/10/21/el_canal_isabel_reparte_280_millones_dividendos_mientras_aumenta_deuda_ahoga_las_inversiones_22919_1012.html (consultado el 15/12/2014)

IPCC (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml (consultado el 20/12/2014).

L.G.E. (1/04/2013) *El Plan "Finisterre" para regular el agua invernal se lleva 150 millones* La Tribuna de Talavera (consultado el 14/10/2014)

MAGRAMA (12/09/2014) *El Gobierno aprueba la regulación del trasvase Tajo Segura*. Nota de prensa, Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, Madrid. http://www.magrama.gob.es/en/prensa/noticias/el-gobierno-aprueba-la-regulaci%C3%B3n-del-trasvase-tajo-segura-/tcm11-343901-16 (consultado el 12/12/2014)

Marcos, J.; Fernández M.A. (11/12/2014) *Europa está preocupada por los planes que el Gobierno reserva a los ríos españoles*. Diario.es http://www.eldiario.es/sociedad/Comision-Europea-critica-hidrologicos-Gobierno_0_333867553.html (consultado el 13/12/2014)

Méndez, R. (25/06/2012) *El año más seco desde 1912 y la contaminación ahogan el Tajo, en papel*. El País (consultado el 29/10/2014).

MODO/EFE (07/06/2007) *Los regantes de Estremera reciben 5,8 millones por la venta de aguas al Segura*, Madrid Diario.es http://madridiario.es/noticia/24846 (consultado el 29/10/2014).

Plataforma contra la Especulación Urbanística y Ambiental de Candeleda (25/07/2014). *Observaciones y sugerencias relativas al proyecto de Real Decreto por el que se aprueban diversas normas reguladoras del trasvase por el acueducto Tajo-Segura tramitado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente* http://www.plataformacandeleda.info/ (consultado el 12/12/2014)

Plataforma contra la privatización del Canal de Isabel II (2014). *La gestión actual de Canal de Isabel II gestión*. Documento informativo. http://cdn27.hiberus.com/uploads/documentos/2014/10/20/documentos_informecanal_eae36483.pdf

Plataforma contra la privatización del Canal de Isabel II. Sección SOMOS. http://www.plataformacontralaprivatizaciondelcyii.org/SOMOS.htm (consultado el 4/10/2014)

Plataforma contra la privatización del CYII (3/12/2014) *Respuesta de la Plataforma contra la privatización del Canal de Isabel II a AEAS.* http://www.lamarea.com/2014/12/03/respuesta-de-la-plataforma-contra-la-privatizacion-del-canal-de-isabel-ii-aeas/ (consultado el 5/12/2014)

Red por una Nueva Cultura del Tajo y sus ríos (18/10/2013) *La Red Ciudadana del Tajo denuncia que el Memorándum que garantiza la continuidad del Trasvase Tajo-Segura vulnera la legislación española y europea en materia de agua.* Nota de prensa. http://www.redtajo.es/images/stories/documentos/Nota%20de%20prensa%20Memorandum%20Tajo-Segura.pdf

Red por una Nueva Cultura del Tajo y sus ríos. Varias consultas. http://www.redtajo.es/

Rotterdam Climate Initiative http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/ (consultado 27/11/2014)

Sampedro, J.L. (13/03/2009) *La población mundial crecerá en un 50% en la primera mitad del siglo.* Diario El País. http://elpais.com/diario/2009/03/13/sociedad/1236898803_850215.html (consultado el 28/10/2014)

Sánchez E. *El Partido Socialista de Madrid dice que el Plan de Cuenca del Tajo perjudica a Madrid.* El País (14/06/2014) http://ccaa.elpais.com/ccaa/2014/06/11/madrid/1402511331_851282.html

Sánchez, E. (11/06/2014) *El Partido Socialista de Madrid dice que el Plan de Cuenca del Tajo perjudica a Madrid*. El País http://ccaa.elpais.com/ccaa/2014/06/11/madrid/1402511331_851282.html (consultado el 20/12/2014)

Sastre, I. El *Canal de Isabel II sigue considerando el Jarama una cloaca donde verter las aguas residuales de Madrid*. Diario Digital El Naviero http://www.elnaviero.com/spip/spip.php?article1795. (Consultado el 22/11/2014)

Selecciones México¿Cómo se abastece de agua una urbe? http://mx.selecciones.com/contenido/a1764_como-se-abastece-de-agua-una-urbe

Territorio Agua y Clima. H_2O. Noticias (2010) *Nueva planta de tratamiento de agua potable para Madrid*. http://www.territorioaguaclima.es/noticias/114-nueva-planta-de-tratamiento-de-agua-potable-para-madrid.html

Tribuna de Talavera (01/04/2013) El Plan Finisterre para regular el agua invernal se lleva 150 millones. http://www.latribunadetalavera.es/noticia/Z8C086862-A281-D4F9-17F20581607E792D/20130401/plan/finisterre/regular/agua/invernal/lleva/150/millones (consultado el 29/11/2014)

Vinogradoff, L. (24/11/2014) *La voracidad minera amenaza el salto de agua más grande* del mundo. ABC.es internacional. http://www.abc.es/internacional/20141123/abci-salto-angel-venezuela-201411212217.html (consultado el 7/12/2014)

Voz del Tajo (12/09/2014) *El Decreto aprobado garantiza el volumen mínimo de agua en la región en 400 hectómetros cúbicos y establece la reserva mínima para Talavera.* http://www.lavozdeltajo.com/noticia/14396/Castilla-La-Mancha/Cospedal:-El-Decreto-aprobado-garantiza-el-volumen-minimo-de-agua-en-la-region-en-400-

hectometros-cubicos-y-establece-la-reserva-minima-para-Talavera.html (consultado el 12/12/2014)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1 La City de Londres. Fuente: The Finantial Times……**…….....8**

Figura 2 Cobertura real y meta de cobertura del abastecimiento en el mundo. Fuente: Informe sobre la Evaluación Mundial del Abastecimiento de Agua y el Saneamiento en 2000.
Fuente:OMS……...¡Error! Marcador no definido.

Figura 3 Abastecimiento de agua en grandes ciudades del mundo. Fuente: OMS Informe sobre la Evaluación Mundial del Abastecimiento de Agua y el Saneamiento en 2000 **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 4 Situación mundial de la cobertura de agua en el mundo. Fuente: Programa Conjunto OMS/UNICEF para el Monitoreo del Abastecimiento de Agua y Saneamiento¡Error! Marcador n

Figura 5 Régimen de gestión del agua en 2012 en España. Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS) **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 6 Evaluación del consumo de agua suministrada en España. Fuente: INE varios años. Elaboración propia **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 7 Consumo medio del agua en los hogares por Comunidades Autónomas. Fuente: Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua Año 2012¡Error! Marcador no definido.

Figura 8 Consumo doméstico del agua en variasa ciudades europeas per cápita. Fuente: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS 2010)¡Error! Marcador no definido

Figura 9 Coste unitario del agua por Comunidades Autónmas. Fuente: Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua Año 2012 **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 10 Precio del agua en varias ciudades europeas. Fuente: AEAS 2010¡Error! Marcador no defi

Figura 11 Demarcación Internacional del Tajo. Fuente: Memoria Plan Hidrológico Tajo, CHT 2013 **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 12 Participación provincial en superficie y población. Fuente: Plan Especial de Sequía del Tajo**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 13 Red hidrográfica principal cuenca del Tajo. Fuente: Plan de Cuenca 2014,

CHT ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 14 Distribución de la media de la precipitación total anual en mm/año en el periodo 1940-2006 (Serie larga). Fuente: CHT. Plan Hidrológico Tajo 2014¡Error! Marcador no definido.

Figura 15 Sistemas de explotación de la cuenca del Tajo. Fuente: Plan de Cuenca del Tajo (CHT 2014) ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 16 Zonificación hidrográfica cuenca del Tajo. Fuente: Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la Cuenca Hidrográfica del Tajo (2007 Programa AGUA)..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 17 Aportaciones acumuladas en Cedillo. Fuente: Borrador PH Tajo (CHT 2011)..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 18 Comparativa entre las aportaciones medias en los sistemas de explotación utilizando la serie larga, y la corta. Fuente: Borrador PH Tajo (CHT 2011)¡Error! Marcador no definido.

Figura 19 Masas de agua subterránea. Fuente: Plan Hidrológico de la cuenca del Tajo, 2014 (CHT) ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 20 Volumen de agua reutilizada por cuencas hidrográficas. Fuente: MAGRAMA, 2010..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 21 Volumen de agua a reutilizar en 2015 por cuencas hidrográficas. Fuente: Plan Nacional de Reutilización de Aguas. MARM 2010 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 22 Volumen de agua a reutilizar entre 2015 y 2021. Fuente: Plan Nacional de Reutilización de Aguas. MARM 2010 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 23 Usos del agua de la Demarcación del Tajo. Fuente: Plan Especial Sequía Tajo ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 24 Estado de las masas de agua superficiales y subterráneas en la cuenca del Tajo. Fuente: Propuesta de Plan Hidrológico. Hoja 14 (CHT 2013)¡Error! Marcador no definido.

Figura 25 Principales presiones en la cuenca del Tajo. Fuente: Propuesta de Plan Hidrológico de Cuenca. Hoja 17 (CHT 2013)..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 26 Infraestructuras del trasvase Tajo Segura. Fuente: AGENCIA EFE¡Error! Marcador no def

Figura 27 Relación entre superficie, demanda de recursos hídricos y población de la Comunidad de Madrid y el resto de la cuenca del Tajo . Fuente INE. Elaboración propia¡Error! Marcador n

Figura 28 Zonas hidrográficas de la Comunidad de Madrid. Fuente: Plan Hidrológico del Tajo 2014 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 29 Red hidrográfica de la Comunidad de Madrid. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 30 Masas de agua subterránea y relación con el acuífero. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 31 Espacios dentro de la Red Natura 2000. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid¡Error! Marcador no definido.

Figura 32 Evolución demográfica de Madrid. Fuente: Series históricas de población. INE ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 33 “La Almenara” en el distrito de Tetuán. Fuente: Cien años de historia del Canal (CYII)..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 34 Situación de los campos de pozos en la Comunidad de Madrid. Fuente: Iglesias, J.A. (2006) Explotación recursos hídricos CAM..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 35 El ciclo integral del agua. Fuente: Cámara de Cuentas de la CAM¡Error! Marcador no defi

Figura 36 Infraestructuras de abastecimiento de agua. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 37 Estaciones de depuración de Madrid. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid¡Error! Marcador no definido.

Figura 38 Competencias en la gestión de las distintas fases del ciclo del agua en la Comunidad de Madrid. Fuente: Cámara de Comercio de la CAM¡Error! Marcador no definido.

Figura 39 Disminución de los recursos en la Cabecera del Tajo. Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la CAM..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 40 Aportaciones naturales de los ríos a los embalses. Fuente: Canal de Isabel II. Elaboración propia. ..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 41 Volumen de agua embalsada.Fuente: Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 42 Comparativa entre aportaciones naturales y agua embalsada. Fuente: Canal de Isabel II. Elaboración propia..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 43 Conexiones en el sietema de abastecimiento de Madrid. Fuente: Plan Especial Sequía **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 44 Asignación de recursos en los sistemas del SICA. Fuente: CHT 2014. Elaboración propia**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 45 Volumen de agua derivado desde los embalses de Madrid. Fuente: Canal de Isabel II. Elaboración propia**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 46 Volumen de agua registrada y distribuida. Fuente: INE 2012. Elaboración propia**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 47 Distribución del agua por sectores y precio. Fuente: Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua (INE 2011) Elaboración propia¡Error! Marcador no definido.

Figura 48 Distribución del consumo por sectores. Fuente: Encuesta sobre suministro y saneamiento del agua. (INE 2011) Elaboración propia**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 49 Consumo por habitante y día según la superficie de vivienda. Fuente Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid, CYII, 2003¡Error! Marcador

Figura 50 Relación entre consumo de vivienda unifamiliar y plurifamiliar. Fuente: CYII, 2013. Elaboración Propia. **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 51 Consumos en zona metropolitana y región de Madrid. Fuente: Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 52 Consumo de Madrid y resto de municipios en 2012. Fuente: Datos de Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 53 Consumo de agua por municipios excluido Madrid. Fuente: Datos de Canal de Isabel II Gestión. Elaboración propia**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 54 Estaciones depuradoras de Madrid y principales colectores. Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la CAM. **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 55.Relación entre volumen de aguas residuales tratadas y volumen de agua reutilizada en Madrid. Fuente: Anuario Estadístico de la CAM. Elaboración propia¡Error! Marcador no def

Figura 56 Parámetros relativos a la calidad del agua depurada. Fuente Anuario estadístico de la Comunidad de Madrid. Elaboración propia.**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Figura 57 Costes del servicio del agua. Fuente: CYII. Elaboración propia¡Error! Marcador no definid

Figura 58 Recuperación de costes en saneamiento. Fuente: CYII. Elaboración propia.¡Error! Marcado

Figura 59 Cambios en escorrentía y humedad del suelo. Fuente: Informe IPCC 2014¡Error! Marcador

Figura 60 Desembocadura del Jarama en el Tajo. Fuente: Gallego, S. ;Jornadas Red Tajo en Buendia 2009**.....** ¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores socioeconómicos y ambientales para analizar la situación del abastecimiento en España, según esquema FPSIR. Elaboración propia¡Error! Marcador no definido.

Tabla 2 Volumen total del agua suministrada en España. Fuente: INE (2011) Elaboración propia..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.Índice de consumo hídrico en algunas Comunidades Autónomas. Fuente: (INE 2011). Elaboración propia. ..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 4 Superficie y población de la Demarcación del Tajo. Fuente: INE 2011 y Plan de la Demarcación Hidrológica del Tajo (CHT 2014). Elaboración propia¡Error! Marcador no definido.

Tabla 5 Distribución territorial y población de las Comunidades Autónmas. Fuente: CHT según datos del padrón del INE de 2011 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 6. Valores medios anuales de variables hidrológicas. Fuente: Plan Especia Sequía 2007 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 7. Aportaciones hidrológicas según instrumento de planificación. Fuente: CHT 1998, 2010 y MIMAM 2000, 2007 (Basado en parte en Gallego, 2013)¡Error! Marcador no definido.

Tabla 8 Distribución de recursos hídricos subterráneos (CHT, 2001)¡Error! Marcador no definido.

Tabla 9. Comparativa de inversiones y volumen de agua reutilizada. Fuente: Plan Nacional de Reutilización de Aguas. MARM 2010. Elaboración propia¡Error! Marcador no definido.

Tabla 10 Relación entre demandas y capacidad de embalse en distintos tramos de la cuenca del Tajo. Elaboración propia a partir de datos del PH Tajo de 2014¡Error! Marcador no definido.

Tabla 11. Resumen de demandas en 2005, 2015 y 2027. Fuente: PH Tajo (CHT 2014)..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 12. Estado de las masas de agua. Fuente: Memoria Síntesis del PH Tajo CHT 2013 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 13. Espacios protegidos por la legislación dentro de espacios fluviales. Fuente: CAM (2014) Red de espacios protegidos. Elaboración propia ... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 14. Espacios naturales protegidos de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Fuente: CAM (2014) **.....** ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 15. Estaciones de Tratamiento de aguas potable. Fuente: Canal Gestión S.A¡Error! Marcador n

Tabla 16. Diferencia entre volumenes derivados y distribuidos. Fuente: Ayuntamiento de Madrid**.....** ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 17. Depuradoras del municipio de Madrid. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

ANEXOS

ANEXO 1: MEMORIA DEL ANTEPROYECTO TAJO-SEGURA DE 1967

(Tomo I de la Memoria. Capítulo III)

Como ha quedado demostrado en el apartado anterior, la cuenca del Jarama es la única deficitaria a corto y largo plazo en la cuenca del Tajo. La causa de este déficit se encuentra en el abastecimiento a Madrid, que es hoy el usuario más importante en la cuenca del Tajo en materia de aguas, y lo será en el futuro aún en mayor proporción. Por lo tanto, la ordenación hidráulica de la cuenca del Tajo, debe basarse en la resolución de problemas que plantea la capital de España, analizando con posterioridad los ajustes necesarios para satisfacer las demandas de los restantes usuarios (punto I.4)

El abastecimiento de Madrid se ha venido desarrollando aprovechando los recursos más próximos (….) Las previsiones para el año 2000 situaban este consumo en 650 hm^3 (…) Sin embargo, la evolución espectacular de la capital de España ha dejado cortas todas las previsiones de consumo realizadas, poniéndose cada vez más de relieve la necesidad de buscar recursos complementarios.

Dado el volumen previsible para el futuro (800-1000 hm^3/año), existían dos posibles fuentes de importancia suficiente para resolver el problema: los macizos de Gredos y Guadarrama, y la Cabecera del Tajo. Puede concluirse que es factible conseguir los 900 hm^3 necesarios a través de las aportaciones de: Tiétar (400 hm^3); Alberche (400 hm^3); Guadarrama (100 hm^3). Si en el futuro fuese necesario, pueden agotarse más las aportaciones del Tiétar y el Alberche y acudir a la vertiente norte de Gredos, trasvasando agua del Duero en la medida que Madrid necesite.

La derivación del Tiétar a Madrid no afecta a los usos consuntivos de esta cuenca. (…). La incorporación de los 400 hm^3 desde el Tiétar es la obra de más envergadura para la ordenación de la cuenca. Consiste en la captación de las aportaciones en la ladera sur de Gredos (cuenca del Tiétar), a través de un canal de cintura que los conduce al embalse del Burguillo, donde se reúnen con las aguas del Alberche y de allí transportadas a Madrid.

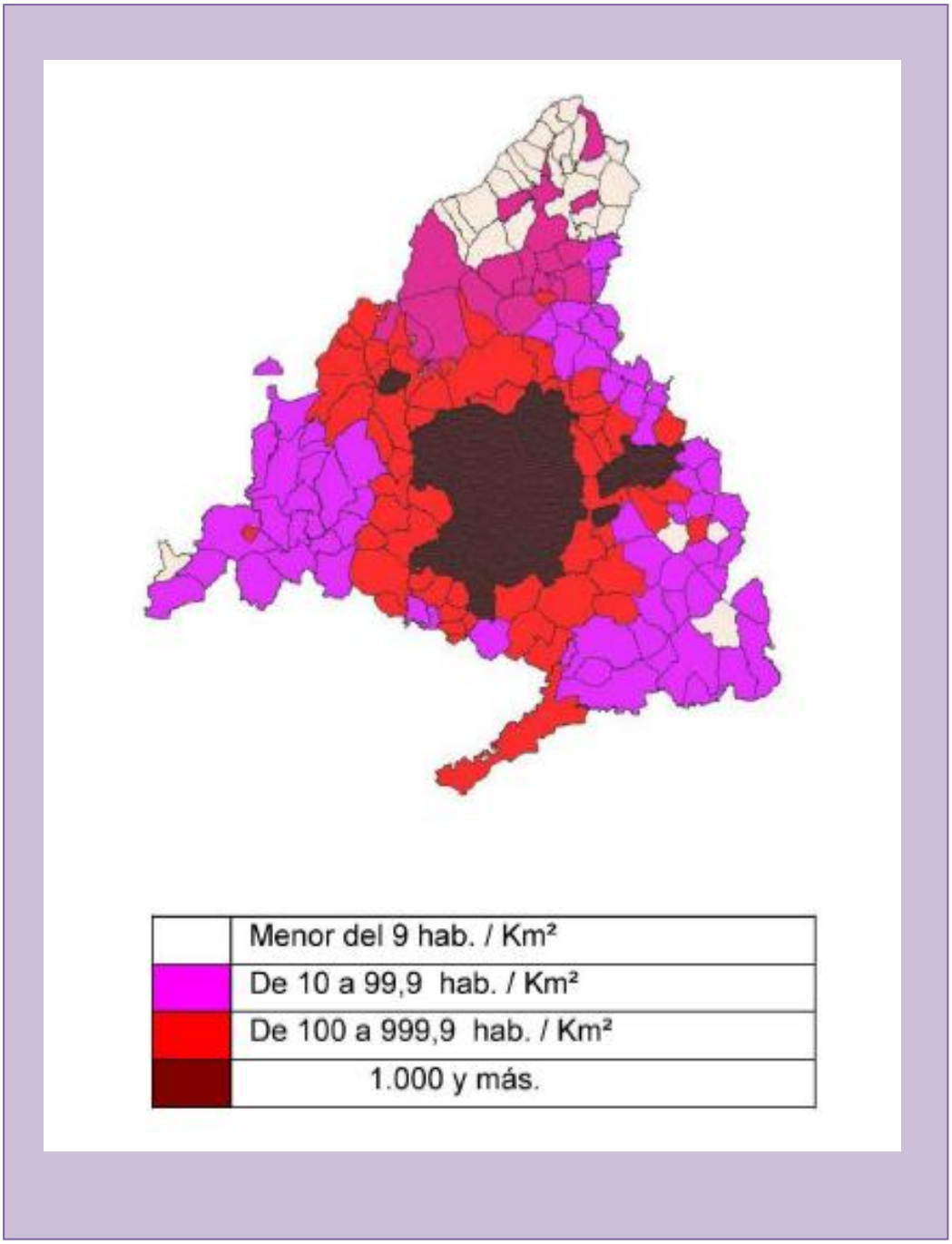
“El trasvase desde la cuenca del Tiétar, se haría cogiendo el agua de algunas de las gargantas de la zona sur de Gredos, e interconectando estas infraestructuras a la Laguna de Gredos que aportaría 6 m3/s.”

ANEXO 2: CAPACIDAD DE LOS EMBALSES DEL SISTEMA DE LA CUENCA ALTA DEL TAJO

EMBALSE	RÍO	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	VOLUMEN DE EMBALSE (hm^3)	DESTINO
Entrepeñas	Tajo	1956	835	Riegos/Hidroeléctrico
Buendía	Guadiela	1958	1.639	Riegos/Hidroeléctrico
Bolarque	Tajo	1910	31	Riegos/Hidroeléctrico
La Tajera	Tajuña	1994	64	Riegos
Pálmaces	Cañamares	1954	31	Riegos
El Atance	Salado	1997	35	Riegos
Alcorlo	Bornova	1978	180	Riegos
Pozo de los Ramos	Sorbe	1976	1,12	Abastecimiento
Beleña	Sorbe	1982	53	Abastecimiento/Riegos
Pinilla	Lozoya	1967	38	Abastecimiento/Energía
Riosequillo	Lozoya	1958	50	Abastecimiento/Energía
Puentes Viejas	Lozoya	1939	53	Abastecimiento/Energía
El Villar	Lozoya	1879	22	Abastecimiento/Energía
El Atazar	Lozoya	1972	425	Abastecimiento/Energía
El Vado	Jarama	1960	55	Abastecimiento
Pedrezuela	Guadalix	1968	41	Abastecimiento
Navacerrada	Samburiel	1969	11	Abastecimiento
Manzanares el Real	Manzanares	1971	91	Abastecimiento/Energía
El Pardo	Manzanares	1970	43	Regulación
Navalmedio	Navalmedio	1969	0,71	Abastecimiento
La Jarosa	La Jarosa	1969	7	Abastecimiento
Valmayor	Aulencia	1976	124	Abastecimiento
La Aceña	Aceña	1991	23	Abastecimiento
Finisterre	Algodor	1977	133	Regulación
El Castro	Algodor	1974	8	Regulación
Guajaraz	Guajaraz	1971	18	Abastecimiento
Castrejón	Tajo	1967	41	Riegos/Energ.Eléctrica
El Torcón	Torcón	1948	7	Abastecimiento
Burguillo	Alberche	1913	197,67	Riegos/Hidroeléctrico
Charco del Cura	Alberche	1931	3	Riegos/Hidroeléctrico
San Juan	Alberche	1955	137,8	Abastec./Riegos/Hid.
Picadas	Alberche	1952	15	Abastec./Riegos/Hid.
Cazalegas	Alberche	1949	7	Riegos
Los Morales	Los Morales	1988	2,34	Abastecimiento
Azután	Tajo	1969	113	Riegos/Hidroeléctrico

Fuente: Plan Especial de Eventual Sequía del Tajo (CHT,2007)

ANEXO 3: DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID



Fuente: Basado en Benlliure Conover, a partir del Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid

ANEXO 4: Valores de aportación anual y de estiaje por año hidrológico en régimen natural (SIMPA2) y en régimen regulado, y ratios entre aportaciones reguladas y naturales

AÑO HIDROLÓGICO	Aportación anual régimen natural - SIMPA2 (hm^3)	Aportación anual régimen regulado – Anuario Aforos CEDEX (hm^3)	Porcentaje aportación regulada anual vs. aportación natural anual	Aportación régimen natural junio a septiembre - SIMPA2 (hm^3)	Aportación régimen regulado junio a septiembre – Anuario Aforos CEDEX (hm^3)	Porcentaje aportación regulada vs. aportación natural en meses de estiaje
1972-73	652,23	314,64	48,2	54,70	8,01	14,6
1973-74	502,27	113,48	22,6	45,61	5,07	11,1
1974-75	598,74	48,96	8,2	81,33	12,15	14,9
1975-76	254,45	22,05	8,7	85,83	5,82	6,8
1976-77	850,95	203,32	23,9	104,81	10,55	10,1
1977-78	694,77	334,88	48,2	54,40	4,64	8,5
1978-79	810,80	308,27	38,0	66,19	3,18	4,8
1979-80	569,85	47,14	8,3	48,82	4,40	9,0
1980-81	278,07	13,22	4,8	43,62	2,13	4,9
1981-82	424,28	28,48	6,7	45,70	4,73	10,4
1982-83	301,72	19,15	6,3	30,23	2,16	7,1
1985-86	405,95	23,16	5,7	35,17	1,81	5,1
1986-87	416,88	38,14	9,1	61,48	2,63	4,3
1987-88	775,87	209,88	27,1	163,49	65,70	40,2
1988-89	383,95	37,62	9,8	47,48	6,32	13,3
1989-90	675,37	334,71	49,6	42,86	14,14	33,0
1990-91	543,74	156,93	28,9	41,97	3,00	7,1
1991-92	253,88	15,70	6,2	81,53	1,35	1,7
1992-93	352,75	29,23	8,3	43,91	7,41	16,9
1993-94	494,58	60,02	12,1	10,55	7,91	75,0
1994-95	312,88	16,45	5,3	43,53	1,41	3,2
1995-96	791,14	243,77	30,8	36,54	9,48	25,9
1996-97	650,40	319,05	49,1	59,33	5,36	9,0
1997-98	720,32	292,41	40,6	56,95	23,16	40,7
1998-99	289,94	14,65	5,1	44,94	0,94	2,1
1999-00	395,13	31,20	7,9	18,55	0,84	4,5
2000-01	818,16	409,91	50,1	29,26	3,17	10,8
2001-02	281,95	18,49	6,6	65,00	2,35	3,6
2002-03	667,15	764,52	114,6	32,16	25,71	79,9
2003-04	696,71	199,71	28,7	33,14	14,73	44,4
2004-05	221,72	40,92	18,5	8,36	1,13	13,5

Fuente: Magdaleno, 2013