

Desarrollo y medio ambiente en el Municipio de Madrid: Abastecimiento y saneamiento urbano

José A. SOTELO NAVALPOTRO

Departamento Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Universidad Complutense de Madrid
jasotelo@ghis.ucm.es

Recibido: 9 de enero de 2006

Aceptado: 7 de marzo de 2006

RESUMEN

En el presente artículo se estudia la importancia que tiene para el cambio del modelo de desarrollo del municipio de Madrid, el abastecimiento y el saneamiento urbano. 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 nuestros ríos, que en muchos tramos ya se encuentran desecados, y poniendo en peligro el futuro abastecimiento de agua a nuestra ciudad. En la actualidad, el municipio de Madrid cuenta con uno de los sistemas de abastecimiento urbano más complejo de Europa. Las aguas de los ríos de la región, que bajan desde la sierra, son almacenadas en distintos embalses al pie de las montañas y conducidas desde allí a los núcleos de población mediante una gran red de conducciones. Por ello, no debe construirse ningún nuevo embalse para el abastecimiento de Madrid, dado el gran impacto medioambiental que produciría cualquiera de ellos, la absoluta falta de eficacia de los mismos, y la existencia de actuaciones alternativas mucho más eficaces, y cuya incidencia ambiental resultaría mucho menor. Hay que intentar aumentar la calidad del agua del río Manzanares en los parámetros de oxígeno, nitrógeno, fósforo. (Coincidente con los objetivos de mejora de los sistemas de depuración) y controlar la vida piscícola del río como bioindicador. Continuar y reforzar el Plan de restauración del Río Manzanares, para impulsar la vida cultural y recreativa en el entorno del río (paliando el impacto de la nueva M-30).

Palabras clave: Abastecimiento, saneamiento, eficiencia, reciclado, aguas residuales, Madrid.

Development and environment in the Madrid township: Urban sanitation and water supply

ABSTRACT

In the present article we study the importance of urban sanitation and water supply on the change in the model of development of the Madrid township. The construction of large complexes with great needs of water, the exploitation of aquifers, the loss of the riverside forests, the use of the drinkable water for gardening services and street cleaning, among other uses, are causing a serious damage to

PROYECTO CICYT REN 2002-02557

our rivers, that in many parts are already dried up, and endangering the future water supply of our city. Today, the Madrid township has one of the most complex urban water supply systems in Europe. The water from the rivers of the region, which comes down from the mountain range, is stored in different reservoirs at the foot of the range and channelled from there to the urban areas by means of a vast network of pipes. Therefore, no new reservoir must be built for the water supply of Madrid, given the great environmental impact that any of them would cause, their absolute inefficiency, and the existence of alternative actions much more effective, and whose environmental impact would be much less. We have to try to increase the quality of the water from the Manzanares river in the oxygen, nitrogen and phosphorus parameters, coinciding with the objectives to improve the purification systems and control the fishing life of the river as a bioindicator. We have to continue reinforcing the Plan for restoration of the Manzanares river to boost the cultural and recreational life around the river, lessening the impact of the new M-30.

Keywords: water supply, sanitation, efficiency, recycling, wastewater, Madrid

SUMARIO: 1. Introducción: Los contextos en el abastecimiento de agua a Madrid. 2. La distribución de agua potable en el Municipio de Madrid. 3. La compleja realidad del consumo de agua, en Madrid. 4. Las políticas de saneamiento. 5. A la manera de conclusiones. 6. Bibliografía.

1. INTRODUCCIÓN: LOS CONTEXTOS EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID

Nuestro país atraviesa por un período de escasez de lluvias preocupante, algo a lo que no es ajeno nuestro municipio de Madrid. A este fenómeno coyuntural se añade la insostenible gestión del agua de nuestros ríos que, desde hace años, se lleva a cabo desde las diferentes administraciones que tienen encomendada su conservación (en el caso de Madrid el Canal de Isabel II y la Confederación Hidrográfica del Tajo). El resultado de esta combinación explica las actuales amenazas al abastecimiento y el escaso o nulo caudal que circula por los cauces de nuestros ríos.

Con independencia de coyunturas de sequía, nuestras comarcas tienen recursos de agua muy escasos, insuficientes para atender un crecimiento en la demanda sin control, como el que se promueve desde hace años en la región madrileña. 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 nuestros ríos, que en muchos tramos ya se encuentran desecados, y poniendo en peligro el futuro abastecimiento de agua a nuestras ciudades.

A mediados del siglo XIX, Madrid aún se abastecía mediante el sistema de «viajes de agua». Se trataba de un conjunto de galerías subterráneas que recogían las aguas de los acuíferos cercanos y las repartían por las fuentes de la ciudad. Este procedimiento, de origen árabe, resultaba insuficiente para una ciudad que, ya entonces, contaba con doscientos mil habitantes.

Ante esta necesidad se estudiaron diversas opciones y, en 1.851, el Consejo de Ministros presidido por Bravo Murillo aprobó realizar la traída de aguas a Madrid. Para ello, se decidió recoger las aguas del río Lozoya, en el Pontón de la Oliva, y

traerlas hasta la ciudad mediante una conducción de 77 kilómetros de longitud, con un caudal de 4 m³ por segundo.

En la actualidad, la Comunidad de Madrid cuenta con uno de los sistemas de abastecimiento urbano más complejo de Europa. Las aguas de los ríos de la región, que bajan desde la sierra, son almacenadas en distintos embalses al pie de las montañas y conducidas desde allí a los núcleos de población mediante una gran red de conducciones. El sistema de abastecimiento del Canal de Isabel II consta de 14 embalses, con una capacidad total de almacenamiento de casi 1.000 Hm³ y una superficie máxima de embalse de 5.000 hectáreas.

Así, pues, el agua procede de la regulación artificial de las cuencas hidrográficas de la sierra Madrileña, e incluso de lugares más alejados, y de las captaciones de aguas subterráneas que se realizan en la cuenca terciaria. Este agua 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 el agua, 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 Jarama.

El informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo sostenible (Agenda 21 de Río de Janeiro) establece en su capítulo 18 los criterios para la protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce, proponiendo los siguientes programas de acción:

- Ordenación y aprovechamiento integrados de los recursos hídricos
- Evaluación de los recursos hídricos.
- Protección de los recursos de agua dulce, la calidad del agua y de los ecosistemas acuáticos.
- Abastecimiento de agua potable y saneamiento
- El agua y el desarrollo urbano sostenible
- El agua para la producción de alimentos y el desarrollo rural sostenibles.
- El agua es fuente de vida, factor clave del equilibrio ecológico y de la salud humana, es, además, un recurso sobre el que se basa el desarrollo económico y social de la humanidad. Es un bien escaso en su régimen natural y es un bien con límites en su capacidad de regulación artificial. Es por todo ello, que su uso y gestión debe estar pensado para proporcionar la cantidad y calidad «requeridas» pero sin comprometer en ningún momento el equilibrio ambiental ni su disponibilidad a las generaciones futuras.

Entender el ciclo integral del agua en la ciudad sostenible, es entender del desarrollo de la sociedad del futuro y entender que la calidad del medio natural es un reflejo de nuestra futura calidad de vida. En este sentido, el diagnóstico del ciclo del agua de la ciudad, se refiere al origen del mismo en la ciudad, su uso y consumo por parte de la población y su posterior devolución al medio natural.

Hoy en día el agua se encuentra al alcance de la mayor parte de la población, aunque hasta hace poco la realidad era bien distinta. El agua se ha convertido en un bien tan accesible en la sociedad actual que a veces olvidamos porqué sale a través

de un grifo, o donde va una vez escapa por el desagüe. Tampoco se reflexiona sobre lo necesaria que puede llegar a ser para el desenvolvimiento de la humanidad. Además puede considerarse el agua como un elemento «vivo», por su naturaleza cambiante, por su movilidad, por los distintos estados en que se manifiesta y su facilidad de interrelación con otras sustancias y elementos. Su composición y características junto con el desarrollo evolutivo de las distintas especies animales y vegetales, han hecho que resulte imprescindible a la hora de valorar el concepto de vida, por lo que cabe concluir que la «vida» del agua se encuentra íntimamente relacionada con la de los seres vivos. Pero, al mismo tiempo la naturaleza del agua se ve alterada por el ciclo vital humano, al igual que las modificaciones que pueda sufrir esta influyen necesariamente en los demás seres vivos y en el medio ambiente; por ello el agua es uno de los elementos que une a las personas y a la naturaleza.

En España, es por todos conocido, las cuencas hidrográficas son las unidades naturales para la gestión integral del agua. En ellas transcurre la mayor parte del ciclo hidrológico. Aquí, a diferencia de otros países europeos, la gestión de este recurso se viene realizando tradicionalmente por las Confederaciones Hidrográficas. Actualmente, nueve de ellas son competencia de la Administración general del Estado (Norte, Ebro, Júcar, Segura, Sur, Guadalquivir, Guadiana, Tajo y Duero) al abarcar su ámbito territorial varias Comunidades Autónomas. Las excepciones a esta forma generalizada de gestión se dan en las cuencas que se extienden únicamente por el territorio de una sola Comunidad Autónoma (cuencas intracomunitarias). En ellas (cuencas interiores de Cataluña, Baleares, Canarias, Galicia Costa y País Vasco) los gobiernos autonómicos han asumido las responsabilidades de su gestión. Estas comunidades tienen en su territorio ríos relativamente cortos con respecto a los ríos principales de nuestro país (Ebro, Duero, Tajo, Júcar, Segura, Guadiana y Guadalquivir).

En la actualidad, en nuestro país, se da una notable ineficiencia en el uso del agua; entre 1996 y 2001, el incremento del consumo urbano de agua superó al incremento del PIB en un 25'23%. Tampoco el uso de agua en los regadíos agrícolas –que alcanzó ya en 1999 un 78% del consumo total– parece la mejor y más óptima utilización de este recurso.

El desarrollo sostenible es impensable sin una ampliación y profundización de la participación ciudadana, lo que supone un gran reto no sólo ambiental, sino también democrático. A pesar de los avances realizados en este sentido –visibles, por ejemplo, en los procesos de Agenda 21 local con un 7'4% de los municipios españoles firmantes de la carta de Aalborg– queda mucho por hacer en diversos aspectos. Entre ellos, facilitar el libre acceso del público a la información relativa al medio ambiente, siguiendo las recomendaciones del Convenio de Aarhus, o la extensión y mejora de la educación ambiental. Y, más allá de esto, en lograr los cauces adecuados para una efectiva participación ciudadana en la toma de decisiones relativas al medio ambiente.

Gráfico 1

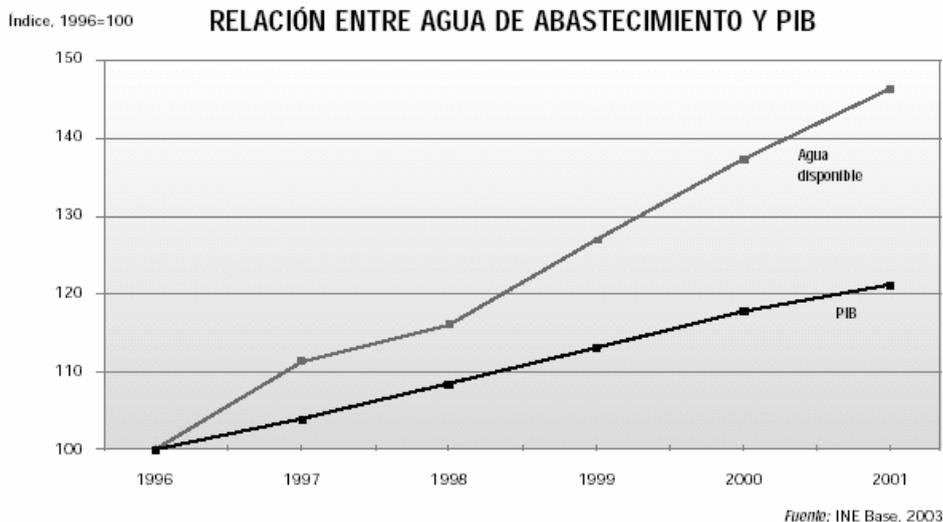
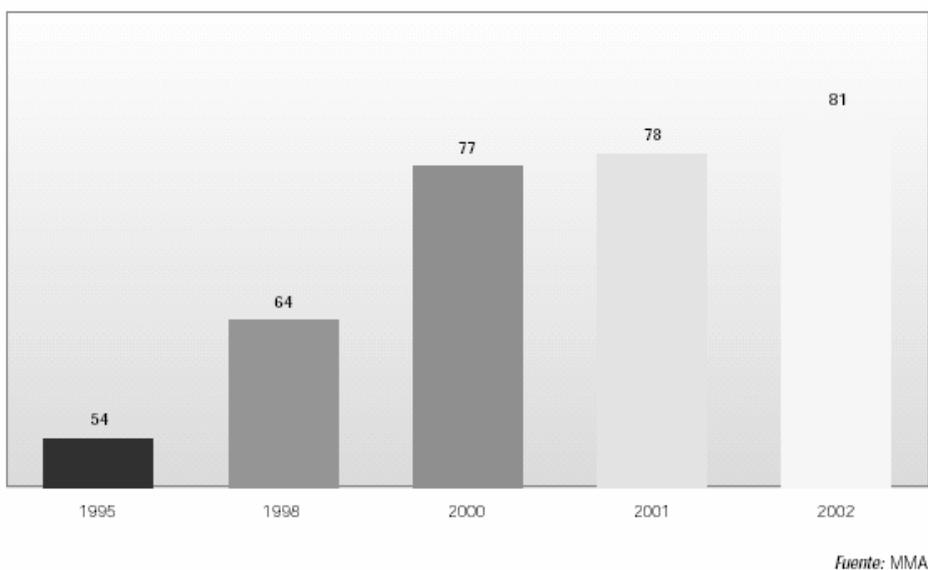


Gráfico 2

POBLACIÓN EQUIVALENTE CON TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (%)



En el abastecimiento de agua a Madrid, la Confederación Hidrográfica del Tajo, ha venido desempeñando desde sus comienzos un papel fundamental en la interacción de los habitantes que pueblan la cuenca, con las aguas del río Tajo, tratando en todo momento de dar cobertura a las principales necesidades de las personas y garantizando las adecuadas condiciones de calidad del agua antes y después de su consumo por los hombres. En este sentido, conviene recordar el llamado Ciclo Integral del Agua o Ciclo del Aprovechamiento Integral del Agua, del que surgen las nociones de abastecimiento y saneamiento, como etapas fundamentales del mismo. El Ciclo Integral del Agua a estos efectos, abarca distintas fases desde que el agua es tomada de su lugar de origen, hasta su puesta a disposición de las personas para su utilización y, posteriormente, su devolución al medio natural, una vez ha sido disfrutada, en el mismo estado en que fue captada, evitando interferencias negativas en el Ciclo Hidrológico. Es importante no confundir los conceptos Ciclo Hidrológico y Ciclo del Aprovechamiento Integral del Agua. Mientras que el primero alude a procesos exclusivamente naturales: lluvia, escorrentía y evaporación; el segundo se caracteriza por la participación del ser humano en su desarrollo. Este proceso comprende dos etapas: el abastecimiento y el saneamiento. Dentro de la primera etapa se pueden reseñar las siguientes fases: captación, aducción, tratamiento y distribución. En la segunda etapa se señalarán: evacuación de las aguas utilizadas mediante redes de alcantarillado, depuración en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) y devolución de las mismas a un cauce natural. Tanto en una como en otra etapa la intervención de los organismos de cuenca, y en particular la Confederación Hidrográfica Del Tajo ha sido y continúa siendo fundamental (Gómez Manpaso, R. y Sánchez Segura, T. 2005).

El abastecimiento incluye los servicios de aducción y de distribución. En general, suele ser asumido por los Ayuntamientos, pero por razones históricas, en el caso de Madrid, se encomienda la gestión integral al Canal de Isabel Segunda (CYII), ente dependiente de la Comunidad Autónoma. El Municipio de Madrid dispone de una red de infraestructuras y de distribución bien desarrollada que además de ofrecer un buen servicio, eleva las garantías de suministro y el control de la demanda. El servicio de abastecimiento es gestionado por el Canal de Isabel II, el cual dispone de profesionales expertos en la gestión del agua, a todos los niveles, y con un alto grado de especialización, lo que redundará en la calidad del servicio. El conocimiento que se tiene del sistema sus combinaciones y alternativas permite una gran flexibilidad en la gestión del recurso. Como muestra de esto se resumen a continuación las principales infraestructuras del abastecimiento del agua en Madrid.

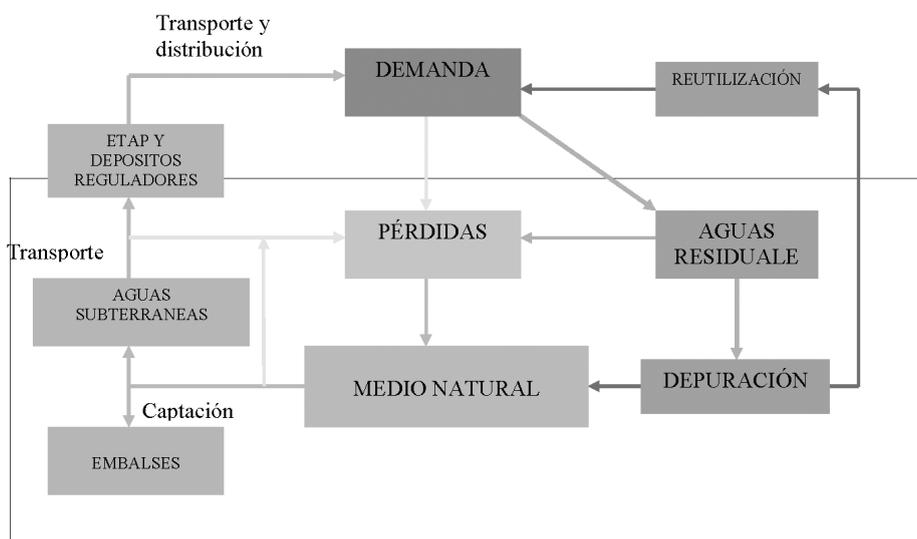
Las infraestructuras existentes para la aducción de agua en la Comunidad de Madrid son:

- 14 embalses con una capacidad total de 946 hm³
- 122 captaciones de aguas subterráneas con una extracción máxima admisible de 85 hm³. De las captaciones, 54 pertenecen al sistema general y aporta el 71% de la capacidad. Las 68 captaciones del sistema local aportan los restantes 29% de la capacidad.

- 12 estaciones de tratamiento de agua potable con una capacidad conjunta de 43 m³/s.
- 22 depósitos con una capacidad de regulación de 2,67 hm³.
- 18 estaciones de impulsión con una potencia instalada de 78.000 kW.

Todas estas infraestructuras aseguran el suministro de agua a la red de distribución del Municipio de Madrid.

Gráfico 3. El ciclo de agua en la ciudad



Fuente: Canal de Isabel II.

El conjunto de pozos para la captación de aguas subterráneas se agrupan en dos tipos de sistemas, los sistemas generales y los sistemas locales, la diferencia básica entre ambos es que los primeros se encuentran conectados a la red general de distribución y los segundos sirven directamente a depósitos de poblaciones concretas.

Entre los sistemas de captación de aguas subterráneas, existe un elevado número de pozos dentro del término municipal de Madrid (en el registro de la Confederación Hidrográfica del Tajo aparecen más de 200 captaciones), explotados por particulares, empresas y el propio Ayuntamiento de Madrid. El volumen de agua correspondiente al conjunto de todos estos pozos es del orden de 25,4 Hm³/año si se incluyen los gestionados por el Canal de Isabel II, excluyendo estos, el volumen total explotable (concedido o autorizado por la Confederación Hidrográfica del Tajo) es de 2,8 Hm³, de los cuales 1,3 Hm³ corresponden a concesiones dadas al Ayuntamiento de Madrid y, 1,5 Hm³ a particulares e industrias (ver Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Volúmenes de aguas subterráneas dentro del término Municipal de Madrid según sea su beneficiario.

Beneficiario de la concesión o autorización de aguas subterráneas (2001)	Volumen concedido Hm ³ /año
CYII	22.6
Ayuntamiento de Madrid	1.23
Comunidades de propietarios y particulares	0.47
Industria	1.1

Fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT).

En ambos se pone de manifiesto la enorme complejidad, no exenta de flexibilidad, que caracteriza al sistema de aducción de agua, en la comunidad y en el municipio de Madrid.

Cuadro 2. Embalses extramunicipales para el abastecimiento de agua.

Denominación	Río	Fecha	Capacidad	Superficie
El Villar	Lozoya	1879	22.4	136
Puentes Viejas	Lozoya	1939	53	292
Riosequillo	Lozoya	1958	50	326
El Vado	Jarama	1960	55.7	260
Pinilla	Lozoya	1967	38.1	446
Pedrezuela	Guadalix	1968	40.9	396
Navalmedio	Navalmedio	1969	0.7	8
La Jarosa	La Jarosa	1969	7.2	61
Navacerrada	Samburiel	1969	11	93
Manzanares	Manzanares	1971	91.2	1044
El Atazar	Lozoya	1972	425.3	1069
Valmayor	Aulencia	1976	124.4	755
Los Morales	Los Morales	1988	2.3	33
La Aceña	Aceña	1991	23.7	115

Fuente: Canal de Isabel II

El agua, previamente tratada en las ETAP, es enviada a los depósitos reguladores cuya misión es controlar las puntas de demanda existentes en la población, además de constituir un volumen de seguridad del suministro de, aproximadamente, 24 horas. La potencia total instalada de las instalaciones de impulsión de agua es de 77.886 Kw, lo que indica la importancia del consumo energético destinado al abastecimiento.

Por otra parte, señalar que el incremento de población experimentado por la Comunidad de Madrid en las últimas décadas supone un notable incremento en el consumo de agua. Este crecimiento demográfico se ha situado entorno al 25 %, y ese mismo porcentaje se ha transmitido al incremento del consumo, pasando de 500 hm³ anuales a alrededor de 600 hm³ (607,63 hm³ en 2003). Ante este crecimiento han surgido opiniones desde diferentes ámbitos, en muchos casos interesadas, reclamando la construcción de nuevos embalses para abastecimiento de Madrid.

Dichas peticiones no son nuevas, y de hecho ya se hacían en la década de los ochenta. Sin embargo, a principios de los noventa fueron rechazadas por el entonces Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, que emitió la correspondiente declaración de impacto negativa a la construcción de un nuevo embalse en el Jarama, y que hacía extensible a cualquier embalse de abastecimiento a Madrid. Asimismo, cuando en el año 2001 se aprobó el Plan Hidrológico Nacional, también volvió a desestimar específicamente la construcción de nuevos embalses en Guadalajara para el abastecimiento de Madrid, eliminando del Anexo de infraestructuras el embalse del Pozo de Los Ramos. Además, en la década de los noventa quedó claramente demostrado que dichos embalses eran innecesarios, pues el consumo que llegó a alcanzarse en alguno de esos años era excesivo, debiéndose mayormente a una mala gestión, como quedó demostrado cuando en pocos años bajó alrededor de un 20 %, sin que ello implicase molestia alguna a los ciudadanos. Sin embargo, bien es cierto que en la segunda mitad de la década de los noventa el consumo comenzó de nuevo a incrementarse, guardando una relación directa con el aumento de la población.

Como consecuencia de ello, han vuelto desde diferentes sectores, a reclamarse la construcción de nuevos embalses, algunos con un interés claro y no relacionado con la necesidad de los ciudadanos, como son las empresas constructoras. Estas llegan a aportar argumentos tan poco válidos como que hace más de treinta años que no se construyen nuevos embalses para Madrid. Detengámonos en el análisis de las propuestas (a partir de algunos estudios de Ecologistas en Acción)

EL RÍO JARAMA

En este río se propuso la construcción de un gran embalse, con más de 100 hectómetros (hm³) de capacidad, denominado Matallana, que se situaba aguas arriba del actual embalse de El Vado. Dicho embalse recibió en 1993 una declaración de impacto ambiental negativa por parte del Ministerio de Obras Públicas, Transportes

y Medio Ambiente, que se hacía extensible a todos los embalses de abastecimiento a Madrid.

En concreto se alegaba su gran impacto medioambiental, así como el hecho de que implicara un incremento de regulación con respecto a la situación actual de tan sólo 19 hm³. Si bien, el embalse de El Vado, el único existente sobre el Jarama, tiene una capacidad de 55,7 hm³, lo cierto es que el Canal de Isabel II le extrae anualmente una media de 103,4 hm³, habiéndose alcanzado algunos años los 140 hm³. La aportación media anual del río Jarama se sitúa entorno a los 180 hm³. De ahí el escaso incremento de regulación que implicaría la construcción del nuevo embalse. Posteriormente, se ha propuesto la construcción de un gran embalse que inundara el de El Vado, pero su impacto ambiental también sería muy alto, y produciría el mismo reducido incremento de regulación.

EL RÍO SORBE

Desde 1954, el Canal de Isabel II dispone de una concesión sobre el río Sorbe de 100 hm³ anuales. Sin embargo, actualmente tan sólo dispone en ese río de un azud de 2 hm³, del que llega a extraer anualmente del orden de 10 hm³. Aguas abajo, se encuentra el embalse de Beleña, con 50,5 hm³ de capacidad, que es explotado por la Mancomunidad de pueblos del Sorbe, que abastece a Alcalá de Henares, Guadalajara, y otros pueblos menores.

El objetivo del Canal era el de que si se construyese un gran embalse donde actualmente está situado el azud del Pozo de Los Ramos, podría derivar la mayor parte del caudal del río (su aportación media anual es de 160 hm³), de tal manera que los municipios que se abastecen de la Mancomunidad del Sorbe no tuvieran más remedio que conectarse al Canal de Isabel II. Como podemos apreciar, los motivos que movían al Canal en este sentido no tenían su origen precisamente en la escasez de agua. La construcción de este embalse produciría un gran impacto medioambiental, su utilidad es más que dudosa, siendo rechazada su construcción por la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. Por ello, fue retirado en el año 2001 de la lista de embalses prevista en el Plan Hidrológico Nacional.

EL RÍO ALBERCHE

En este río es donde se pretendía construir el tercer embalse para abastecimiento de Madrid. Se da la paradoja de que, siendo completamente inútil para el abastecimiento de Madrid, es el único que parece contemplado en el Anexo de Inversiones del hoy derogado Plan Hidrológico Nacional. Al igual que los dos anteriores, su construcción produciría un enorme impacto ambiental, al situarse en los mismos límites del Parque Natural de Gredos. Además, se encuentra la limitación que tienen las actuales conducciones de bombeo, cuyo volumen máximo anual es de 280 hm³.

Finalmente, señalar que el río Alberche, con un volumen actual de embalse de 343,8 hm³ (embalses de Burguillo, San Juan, Picadas y Cazalegas) se encuentra suficientemente regulado como para que se puedan bombear para el abastecimiento de Madrid los 280 hm³ anuales antes mencionados. Por consiguiente, resulta evidente que la construcción del embalse de la Venta del Obispo no contribuiría de manera alguna a incrementar los recursos hídricos disponibles para el abastecimiento de Madrid.

No deben construirse, pues, ningún nuevo embalse para el abastecimiento de Madrid, dado el gran impacto medioambiental que produciría cualquiera de ellos, la absoluta falta de eficacia de los mismos, y la existencia de actuaciones alternativas mucho más eficaces, y cuya incidencia ambiental resultaría mucho menor.

Recientemente, el Ministerio de Medio Ambiente ha puesto en marcha dos actuaciones en la comunidad autónoma de Madrid destinadas a mejorar el abastecimiento de agua a la ciudad y diversos núcleos de población de la provincia.

Una de las obras, es la de interconexión de las cuencas del Jarama-Lozoya y del Alberche-Guadarrama. La finalidad de este proyecto, no es incrementar los recursos hidráulicos en origen, sino mejorar la distribución de las aguas procedentes de las diversas cuencas citadas de donde proceden los recursos, lo que redundaría en una optimización de la utilización de éstos. El proyecto ha contado con una inversión de 29.397.225 euros.

La otra obra es la de refuerzo del Sifón de El Pardo y Arteria de Pozos de Fuenarral, que ha contado con una inversión de 8.006,071 euros. La razón fundamental de estas actuaciones es conseguir el mejor uso posible de los recursos disponibles de manera que todo el suministro de agua a Madrid (capital y provincia) pueda ser abastecido desde varios puntos y con diferentes recursos lo que aumenta de manera considerable la garantía de un suministro de agua potable sin fallos y con una calidad óptima.

Todas las actuaciones se enmarcan dentro de la política de desarrollo sostenible eje de todas las actuaciones del Ministerio de Medio Ambiente y que consiste en la mejor utilización posible de los recursos naturales.

Estas obras han sido realizadas por la Confederación Hidrográfica del Tajo en virtud de un Convenio firmado en 1.999 entre dicha Confederación y el Canal de Isabel II para la ejecución de diversas obras de ampliación y mejora del abastecimiento de aguas de la Comunidad de Madrid.

En base a este Convenio, las obras han sido financiadas por la Confederación, que ha aportado el 85 por 100 con fondos provenientes de la Comunidad Europea (Fondos de Cohesión) y por el Canal de Isabel II que ha aportado 15 por 100 restante.

2. LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE MADRID

La Comunidad Autónoma de Madrid aporta el 100% de su población a la cuenca del Tajo, constituyendo ésta el 82% de la población a abastecer por dicha cuenca. A

tan desigual distribución de la población a lo largo de la cuenca, que ya de por sí podría constituir una complicación a la hora de abastecer los distintos núcleos, se une el hecho de que estas áreas más pobladas son al mismo tiempo las que soportan menores valores de lluvia total, existiendo por tanto un fuerte desequilibrio entre los recursos generados y las demandas. La existencia de la Confederación Hidrográfica del Tajo viene en gran parte motivada por la necesidad de garantizar un adecuado abastecimiento a los distintos núcleos con independencia de la distribución de la población o los índices pluviométricos de las áreas de influencia del Tajo. El trabajo realizado por la Confederación Hidrográfica del Tajo a lo largo de toda su historia ha estado siempre destinado a cubrir las necesidades de la población de la cuenca garantizando unos niveles admisibles de calidad. Situaciones como los aumentos rápidos de población, las grandes sequías, la creación de nuevos asentamientos urbanos, han sido tenidos en cuenta por esta institución, actuando en consecuencia con el objetivo de hacer llegar un abastecimiento de agua adecuado a las personas que conforman la población de la cuenca del río Tajo en su parte española.

En el municipio de Madrid, por su parte, la red municipal de distribución de agua potable está constituida por algo más de 200 km de tuberías de diversos materiales, tal y como puede observarse en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Red de distribución de agua potable.

Material de la tubería	Longitud (m)
Pretensada	108.250
Acero al carbono revestido de Hormigón	42.825
Acero al carbono sin revestir	11.597
Acero inoxidable	1.875
Poliéster de fibra de vidrio	3.249
Galvanizada	1.372
PVC	15.838

Fuente: Ayuntamiento de Madrid

Con una distribución de diámetros que van desde los 40 mm y los 2.000 mm, existen más de 33 referencias o diámetros, lo cual, junto con la gran variedad de materiales empleados, da una idea de la complejidad de la red, y de lo complicado que es su mantenimiento. Además, en la red se han instalado 86.527 bocas de riego, 4.317 hidrantes, 1.870 fuentes, 102.188 difusores y 39.721 aspersores. Este sistema se completa con las acometidas y las redes de distribución interna de abastecimiento de las viviendas.

Los datos aportados relativos al agua facturada en el municipio de Madrid no reflejan la realidad del agua que realmente se deriva. El otro organismo encargado

de la distribución de agua de Madrid es el Canal de Isabel II. Éste deriva volúmenes de agua bastante superiores a los finalmente facturados, es decir, del total de agua derivada solo una parte es facturada. Al conjunto de causas que dan lugar a esta diferencia se les denomina pérdidas.

Tal y como podemos observar en el cuadro adjunto, las pérdidas se sitúan en torno al 25% para el conjunto de la Comunidad de Madrid. Como dato comparativo, en el conjunto nacional el porcentaje de pérdidas se sitúa en el entorno del 30% según datos del Libro Blanco del Agua, en España.

Cuadro 4. Pérdidas del agua derivada a los sistemas de abastecimiento en la Comunidad de Madrid.

Año	Agua derivada Hm ³	Agua facturada Hm ³	% de pérdidas
1992	522	398	23.7
1993	476	364	23.5
1994	482	368	23.6
1995	496	373	24.7
1996	490	369	24.7

Fuente: Canal de Isabel II.

Estas pérdidas tienen su origen en varios factores, entre otros:

- Pérdidas en el suministro
- Roturas en la red
- Roturas en las acometidas
- Captaciones ilegales y errores de medida.

Si la dotación de agua facturada del año 1999 en Madrid fue de 224 Lt/Hab/día se debe incrementar a esta cifra un 20% de media de pérdidas. Por lo tanto el consumo per cápita del municipio ese año asciende a 269 Lt/Hab/día. Una de las causas de las pérdidas es el mal estado de algunas de las redes de distribución que provoca fugas continuas en uniones no herméticas y en ocasiones roturas completas de las conducciones. En el caso de Madrid las pérdidas por fugas pueden llegar al 12% del total de las pérdidas (huelga decir que en épocas de sequía como la actual, este es un fenómeno que adquiere relativa importancia).

Por lo tanto uno de los retos futuros en Madrid para disminuir el consumo de agua será actuar sobre las pérdidas de la red de distribución. El establecimiento de objetivos de reducción de pérdidas y evaluación del seguimiento del mismo sería una de las medidas de control para este fenómeno.

2.1. UN CASO PARTICULAR: EL RÍO «MANZANARES»

Desde que el ínclito Francisco de Quevedo se refiriera al Manzanares como «arroyo aprendiz de río», este cauce fluvial ha sufrido y está padeciendo notabilísimas transformaciones (hoy con las nuevas infraestructuras de la M-30).

El Ayuntamiento de Madrid, la Confederación Hidrográfica del Tajo y la Comunidad Autónoma han abordado hace años un ambicioso plan de restauración y recuperación del Río Manzanares, desde el punto de vista ambiental, de salud pública y usos del río y sus márgenes. Las actuaciones se centran en la recuperación de la calidad de sus aguas y la recuperación de sus márgenes, con objeto de recuperar y mantener en buen estado el río Manzanares, así como potenciar sus atractivos naturales y de esparcimiento (ver fotos n. 1 y 2).

Foto 1. Degradación ambiental del río.



Fuente: José A. Sotelo (2006).

Foto 2. Degradación ambiental del entorno.



Fuente: José A. Sotelo (2006).

La necesidad de restauración del río fue consecuencia de que el Manzanares constituía, antes de la construcción de los sistemas de saneamiento, el colector principal de vertido de aguas residuales de la ciudad. El empeoramiento de la calidad de las aguas fue creciendo conforme crecía la población, la degradación de las márgenes y la pérdida de las riberas naturales fueron las consecuencias del crecimiento de la ciudad. A todo lo anterior hay que añadir el importante cambio que experimentó el régimen de caudales. Con la regulación de caudal producida por el embalse de El Pardo, que reducía las aportaciones naturales de sedimentos, y produjo una pérdida de oxigenación de las aguas y fenómenos de eutrofización y crecimiento de la vegetación palustre.

Por otra parte, el caudal se va incrementando progresivamente a su paso por la zona más urbana de Madrid, como resultado de los vertidos de aguas residuales y de aguas pluviales no infiltradas, cuyo volumen aumenta como consecuencia del aumento de la superficie impermeabilizada de la ciudad. El resultado fue una pérdida total de la calidad del agua y de las condiciones naturales del río, así como la degradación de un espacio de ocio.

La ejecución de los diferentes «Planes de Saneamiento» ha permitido recuperar la mayor parte de los parámetros de calidad de las aguas del río. Sin embargo, sigue siendo necesario mejorar los valores de algunos parámetros. Desde esta perspectiva decir que, los valores medios anuales, obtenidos para los parámetros físico – químicos, en el lapso 1994 y 2004, dan unos valores aceptables de la calidad del agua, aunque se observa un ligero empeoramiento entre 1997 y 2001, probablemente debido al descenso de las precipitaciones y de las aportaciones del embalse de «El Pardo» junto con una depuración deficiente.

Cuadro 5. Parámetros físico - químicos de las aguas del río Manzanares.

Parámetros mg/l	1994			2004		
	Superior	Urbano	Inferior	Superior	Urbano	Inferior
pH (ud)	7.1	7.3	7.4	7.1	7.3	7.3
DQO	39	38	52	38	46	65
DBO ₅	6	6	10	6	7	12
SS	51	31	35	33	29	37
N-NH ₃	2.7	4.9	12.8	2.7	5.2	13.3
N-NO ₃	2.0	3.1	2.0	2.6	4.5	3.1
N-NO ₂	0.28	0.56	0.49	0.37	0.64	0.63
P-P0 ₄	1.2	1.9	3.1	1.7	3.0	3.5
Detergentes	0.23	0.29	0.37	0.20	0.24	0.38
Oxígeno	6.7	6.5	5.6	7.3	7.3	6.1

Fuente: Informe anual sobre el río Manzanares. Ayuntamiento de Madrid.

Los parámetros más destacables, por la problemática asociada a ellos, y que llaman la atención por afectar al desarrollo de la vida piscícola, son los bajos valores de oxígeno (principalmente en los puntos de vertido de las ERAR) y los altos valores de sólidos en suspensión, NH_3 , NO_2 , y fósforo.

Respecto a los contenidos en fósforo y diferentes formas del nitrógeno, los valores son superiores a los 0,03 mg/l para el NO_2 y 0,4 mg/l para el fósforo, que se exigen en la Directiva. Estos niveles pueden mejorarse si se utilizan los sistemas existentes en las ERAR para el tratamiento de estas sustancias, y que en la actualidad se encuentran parcialmente en desuso.

Foto 8. Paradoja electrónica.



Fuente: José A. Sotelo (2006).

Los niveles de oxígeno se encuentran por debajo de los 9 mg/l (requisito para especies salmonícolas) y de 7 mg/l (requisito para especies ciprinícolas) a que obliga la Directiva sobre la calidad de las aguas para la vida piscícola en los ríos.

De hecho, en determinadas épocas del año los contenidos en oxígeno pueden llegar a ser bastante bajos, con valores mínimos diarios de 0,6 mg/l, y valores medios mensuales de 3,8 mg/l.

Así, pues, es necesario mejorar los valores de estos parámetros de calidad de las aguas del río; esto, no obstante, parece que a corto plazo no va a poder darse, ya que nos encontramos con notable dificultades inherentes a la remodelación y soterramiento de la M-30.

Foto 3. El río Manzanares y su soterramiento



Fuente: José A. Sotelo (2006).

Por otra parte, señalar que pese a la escasez de oxígeno, la población de peces se ha incrementado, mientras que la repoblación se mantuvo, la reproducción casi se ha duplicado, debido principalmente a la adaptación de las especies al medio y a la abundancia de alimento. Las especies existentes en el Manzanares son ciprínidos, cuyo mantenimiento es posible gracias a la continua vigilancia que realiza el Ayuntamiento del oxígeno, la cual permite adoptar medidas urgentes de reoxigenación.

Cuadro 6. Vida piscícola en el río Manzanares.

Año	Replantadas	Reproducidas	Total
1994	5.000	3.700	8.700
2004	5.400	6.000	11.400

La población íctica está constituida principalmente por: Carpa común (*Cyprinus Carpio*), la Carpa de espejo (*Cyprinus carpio var. Specularis*), Carpín (*Carassius auratus*), Gambusia (*Gambusia affinis*), Pez sol (*Lepomis gibbosus*), Pez gato (*Ictalurus melas*) y Gobio (*Gobio*). Todas ellas poseen un amplio rango de adaptación a diferentes calidades del río, aunque también se ha detectado algún Black Bass (*Micropterus salmoides*) probablemente introducido por pescadores.

Además de los peces en el tramo urbano habitan actualmente 500 ánades. Además existen numerosos patos migradores que han escogido las aguas del río Manzanares como área húmeda. El control de la vida animal del río es un buen bioindicador que debe seguir controlándose. El Ayuntamiento de Madrid ha realizado importantes esfuerzos para mejorar los equipamientos y restaurar las márgenes del río que han integrado el Manzanares como parte cultural y de uso recreativo en la ciudad. El principal reto consiste en mantener y fortalecer esta función. Algunos ejemplos de esto son:

- En el tramo comprendido entre el Puente de los Franceses y la presa nº 4, se han instalado paneles informativos sobre los diferentes aspectos de la fauna del río y su conservación.
- En el tramo entre las presas nº 9 y 10 existe un chorro ornamental de 30 m de longitud que durante la noche aparece iluminado.
- Para la práctica de la pesca deportiva, se encuentran instalados en la margen derecha entre las presas nos 3 y 4, cincuenta puestos de madera rústica a modo de balcón sobre el río.

Es por esto por lo que, es fundamental la recuperación del entorno seminatural del Río en los tramos superiores e inferior al tramo urbano, aunque en paralelo se potencie su utilización como área de esparcimiento y cultural. En el caso concreto del río Manzanares, esto se hace muy evidente en el tramo norte situado entre el embalse de El Pardo y la ERAR de Viveros (Puente de los Franceses). Lo mismo puede decirse del tramo sur (desde el nudo Supersur), donde el crecimiento de la ciudad podría producir una modificación de las condiciones naturales existentes. Por ello, las actuaciones previstas en el río no solo debieran ser estructurales, sino que deben incluir medidas protectoras del espacio ribereño recuperando el medio natural existente y de conservación de parte del perímetro de inundación. Proceder a un encauzamiento y urbanización del mismo sería incurrir en los errores pasados. Estas medidas no son incompatibles con las recreativas y de educación ambiental. El objetivo es compatibilizar la competencia por el espacio de los usos urbanos con

la necesidad de preservar espacios para la dinámica fluvial y la conservación de los valores naturales asociados a los ríos, sus cauces, riberas y especies vegetales y animales.

La amenaza más importante que se cierne sobre el río Manzanares es el desarrollo de nuevas infraestructuras y urbanizaciones en los tramos donde actualmente el río no está urbanizado y también en consecuencia los mayores volúmenes de agua que en un futuro se verterán al río. Los mecanismos preventivos para estos impactos deben ser los estudios de impacto ambiental de instalaciones, planes y proyectos que se implanten en las cercanías del río.

Foto 4. Punto y final a las terrazas.



Fuente: José A. Sotelo (2006).

La reciente exposición del concurso de ideas sobre el tratamiento que dar a los márgenes de la M-30 a su paso por el río Manzanares, deberá abrir un nuevo período de debate ciudadano en la controvertida reforma de la M-30. Si hasta ahora esta reforma ha resultado tan polémica, incómoda y desafortunada en su desarrollo, ha sido por la precipitación en la forma de actuar, falta de consenso con el resto de fuerzas políticas madrileñas para abordar un proyecto de esta envergadura y falta de claridad en los objetivos de transformación urbanística que llevaba implícitos.

Sin lugar a dudas, el proyecto de ingeniería del soterramiento del viario actual a su paso por el río, conlleva una reforma urbanística en gran escala como no experimentaba esta ciudad desde la apertura de la Gran Vía o la prolongación de la Castellana. Estamos ante una apuesta de realización de una obra pública de una dimensión espectacular, que se ha justificado básicamente en razones de movilidad (incremento de capacidad para absorber tráfico, fluidez del mismo, reducir la sinietralidad, mejorar los enlaces, suprimir el efecto barrera), pero que entraña una modificación sustancial del modelo urbano en su conjunto, una regeneración del espacio público y por tanto de las plusvalías que conlleva toda inversión pública y muy especialmente en los márgenes del río.

Aunque se ha insistido reiteradamente ante el Ayuntamiento, desde distintas instancias profesionales y ciudadanas, que se debería haber actuado de otra forma, (es decir, primero desarrollar los documentos de planeamiento, abrir un amplio debate participativo y luego realizar las infraestructuras), ha llegado sin embargo la hora de profundizar en la dimensión urbanística del proyecto, teniendo que asumir además su componente e ingeniería urbana de las obras, como un hecho consumado y sus costes, y hacerlo de una forma ordenada, reglada, con garantías, sin prisas electorales, de tal forma que se puedan valorar en todos sus detalles las implicaciones de esta actuación.

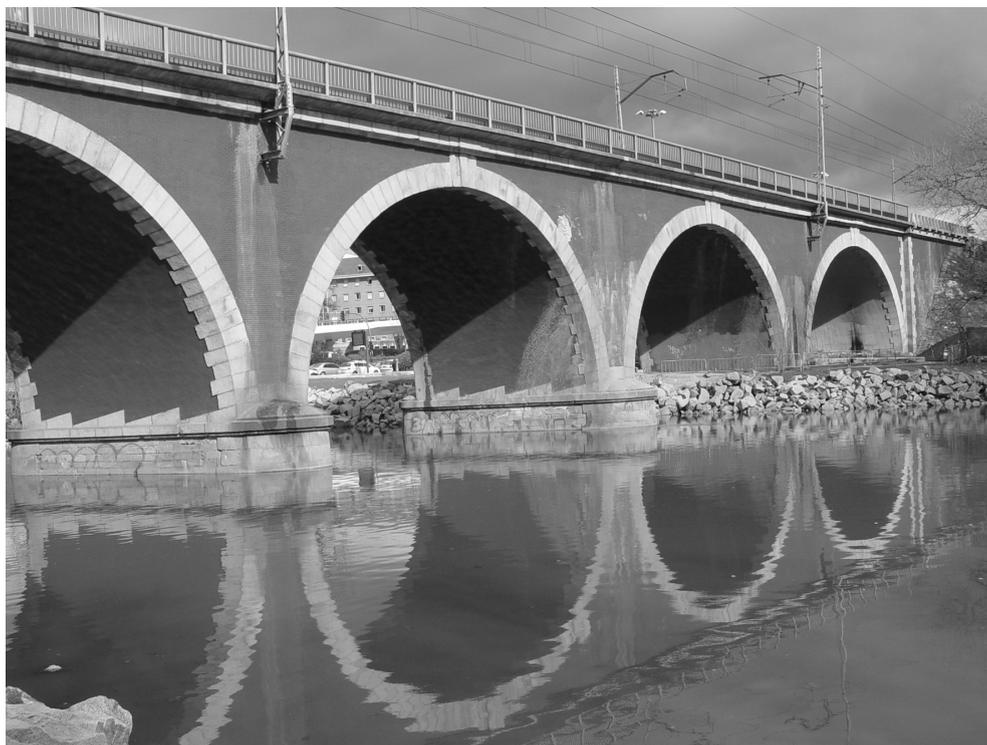
En el momento actual el Ayuntamiento ha pedido a un grupo de reconocidos profesionales la aportación de sus mejores ideas, mediante un concurso entre arquitectos previamente seleccionados. Aunque se pueda pensar castizamente que lo que se persigue ahora es «vestir el muerto», en nuestra opinión estamos ante el comienzo de una nueva fase de esta operación urbanística. El Ayuntamiento se encuentra en condiciones de reflexionar internamente sobre el qué hacer y qué contenidos más adecuados proponer a los ciudadanos para el desarrollo de esta parte de la ciudad. Quizá, si Madrid hubiese obtenido la nominación para organizar los juegos de 2012, esta actuación se hubiera subsumido, en el contexto de otras grandes actuaciones transformadoras que le tenía reservad tal evento a esta ciudad y se hubieran diluido las graves responsabilidades que le corresponden en esta actuación al equipo de gobierno municipal, pero como no ha sido así, el Ayuntamiento se enfrenta a la necesidad de darle ahora unos contenidos concretos y valorar todo el alcance de sus implicaciones económicas que hasta ahora no lo ha hecho, más allá de la metáfora de la «alfombra verde».

La operación Calle-30 en el río Manzanares no consiste simplemente en soterrar el viario y darle un tratamiento verde a la superficie, sino hacer frente a una de las transformaciones urbanas más importante de la ciudad con todas sus consecuencias. No existe transformación del espacio público de la ciudad que no entrañe plusvalías urbanística. Es más, no existe la posibilidad de elaborar ninguna figura de planeamiento que no justifique debidamente su relación costes/beneficios y por tanto el plan especial que estará elaborando el Ayuntamiento deberá estar haciendo frente a estos contenidos. Es curioso observar en las propuestas de los equipos invitados al concurso (curiosamente sólo en los equipos extranjeros) como incluyen entre sus sugerencias la inclusión de parcelas edificables, para poder compensar los especta-

culares costes de esta operación. Parece obvio para estos profesionales, que están participando con relativa frecuencia en concursos por todo el mundo, que para hacer viables sus propuestas se necesita un soporte económico, que lógicamente deberá de salir de la recalificación urbanística de los terrenos colindantes.

Por lo tanto, es necesario que el Ayuntamiento formule ya sus objetivos a este respecto. Si en la primera fase de esta operación (con el soterramiento del viario) se tienen comprometidos entre dos y tres mil millones de euros y se desconoce aún cuanto va a costar el tratamiento de la llamada cota cero, nos gustaría saber sise está pensando en la recalificación urbanística, como instrumento recurrente en estos casos, para hacer frente a semejante desafío de inversión pública o parte de la misma.

Foto 5. Imagen irreal del río



Fuente: José A. Sotelo (2006).

La mayoría de las anteriores torres de la ciudad (torres de Valencia, del Retiro, de Azca, de plaza de Castilla) fueron fruto de operaciones de recalificación para compensar déficit de origen urbanístico. Es la práctica habitual que han utilizado todas las ciudades para hacer frente a sus reformas internas. Uno de los equipos

extranjeros participantes en el concurso evaluaba la posibilidad de desarrollar dos millones de metros cuadrados de nueva edificabilidad y obtener un valor agregado de 1.000 millones de euros.

Foto 6. La contaminación de las aguas.



Fuente: José A. Sotelo (2006).

Foto 7. Contaminación de las aguas (detalle).



Fuente: José A. Sotelo (2006).

Si el Ayuntamiento piensa en recuperar parte de las plusvalías que genera la inversión pública que se está realizando, con edificabilidad lucrativa, deberá explicitarlo ahora con luz y taquígrafos para conocimiento de la opinión pública. Por ejemplo, es evidente que el estadio del Atlético de Madrid ocupa una posición privilegiada en el contesto de la reforma del Manzanares y a su vez es un inconveniente para el desarrollo de la misma, si no se traslada. Parece como si el Ayuntamiento no quisiera mover ficha el primero, esperando mejorar las condiciones de la negociación cuando ha creado todas la expectativas del mundo con la multimillonaria inversión pública que está realizando a su alrededor, sin contrapartidas previas. ¿No debería haberse acordado esto previamente antes de invertir en las obras? ¿Va a ser en el contexto de un futuro plan especial cuando se cierre la operación y con qué costes para la ciudad? ¿Todas las realizaciones posibles y oportunidades de transformación urbana de esta parte de la ciudad van a provenir exclusivamente de la inversión pública?

La operación M-30 en su conjunto, está anteponiendo las obras a su planificación urbanística por razones electorales y de una eficacia mal entendida, pero parece imprescindible en esta nueva fase en la que hemos entrado abordarla con un planteamiento diferente. Ya no tiene arreglo el trazado de los nudos reformados que se podrían haber diseñado penalizando la accesibilidad de los mismos a la almendra central de la ciudad y haberlos complementado con aparcamientos disuasorios, ni la tala masiva de arbolado en los márgenes del río y de la avenida de Portugal, pero pedimos encarecidamente que se elaboren unas propuestas de Planeamiento Especial de Integración de la M-30 en la ciudad, que se expliciten y pormenoricen sus contenidos y sus costes y que se recabe el mayor consenso social para su aprobación, previa información y participación de la ciudadanía. Hay que retomar un principio básico de la gestión pública urbanística. Un proyecto urbano que hipoteca durante más de cuarenta años a sus ciudadanos requiere necesariamente el acuerdo político de los partidos con representación municipal.

Por último señalar que otras medidas que se van a poner en marcha como la reutilización de aguas depuradas para riego, además de ahorrar agua potable, reducirán los volúmenes de vertido de agua al río compensando los posibles crecimientos.

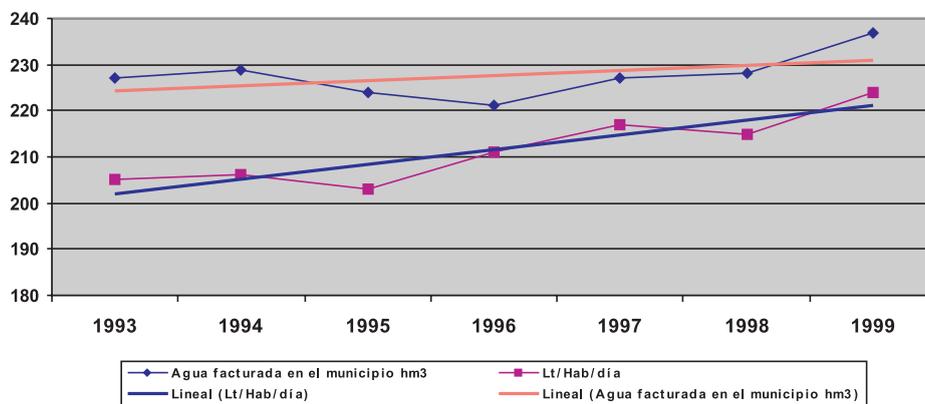
3. LA COMPLEJA REALIDAD DEL CONSUMO DE AGUA, EN MADRID

Madrid, por ser el núcleo más importante de la Península en términos demográficos, es un caso interesante de estudio. En la actualidad dispone de un complejo sistema de abastecimiento gestionado por el Canal de Isabel II, que lleva hasta la ciudad aguas de muy alta calidad, pero fue en la época musulmana cuando apareció en la ciudad la primera red de galerías cuya función era llevar las aguas superficiales hasta el castillo que dio origen a la misma. El entramado de galerías se fue ampliando y mejorando a medida que aumentaba la población y el agua era distribuida a los distintos puntos de la villa a través de fuentes. En 1599 se construyeron los viajes de Alcubilla, a los que siguieron el del Alto Abroñigal, en el año 1614; el del Bajo Abroñigal, en el año 1619 o el de Chamartín, construido en el año 1621, entre otros (CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO, 2002: 87). Una parte de los viajes de agua mencionados han seguido abasteciendo varias fuentes de Madrid hasta el siglo pasado, como por ejemplo la conocida Fuente de El Berro, cuya agua fue la preferida por la Casa Real. Con el paso de los años esta red de viajes de agua se fue deteriorando y el sistema de abastecimiento a la ciudad se presentaba deficiente para cubrir las necesidades de la cada día más numerosa población de Madrid. Esta situación persistió hasta el reinado de Isabel II, en el que el sistema de abastecimiento de agua a Madrid cambió definitivamente de rumbo. Se recurrió para ello a los caudales transportados por ríos próximos, entre los que se eligió, con muy buen criterio, el Lozoya (ARENILLAS PARRA, 2000: 189). Se realizaron a partir de entonces numerosas obras de abastecimiento, muchas aún en servicio, siendo la primera de ellas la presa de El Pontón de la Oliva, inaugurada en 1856. Esta construcción, sin embargo, no fue de gran operatividad, pues se edificó sobre

un terreno calizo con muchas filtraciones y hubo que recurrir a nuevos embalses, el más importante de este periodo fue el de El Villar, construido en 1882 también sobre el Lozoya, aún hoy en servicio, que sirvió de origen a varios canales para el abastecimiento a la capital. Las siguientes infraestructuras en inaugurarse fueron las presas de Santillana, sobre el río Manzanares en 1912, las de Puentes Viejas, en 1940, y Riosequillo, en 1956, sobre el Lozoya o El Vado, sobre el río Jarama, en el año 1954. Todas ellas estaban conectadas entre si y conformaban un elaborado sistema de abastecimiento. «Con nuevas presas en el Lozoya, Pinilla (1967) y El Atazar (1972), la de El Vellón (1967) en el Guadalix, otras en la cuenca del Guadarrama y algunas más lejanas, como las del Alberche, se ha completado, por el momento, el sistema de abastecimiento de agua a Madrid» (ARENILLAS PARRA, 2000: 190). Algunas de estas presas, como San Juan o Las Picadas, aunque originariamente fueron construidas para producción eléctrica, han sido recientemente adecuadas para poder abastecer de agua a los municipios en los períodos prolongados de sequía.

El consumo de agua por habitante está incrementando gradualmente. En los últimos diez años se observa un incremento del agua facturada (Lt/Hab/día) del 9,1%, como se observa en la siguiente gráfico.

Gráfico 4. Evolución del agua facturada en el Municipio de Madrid



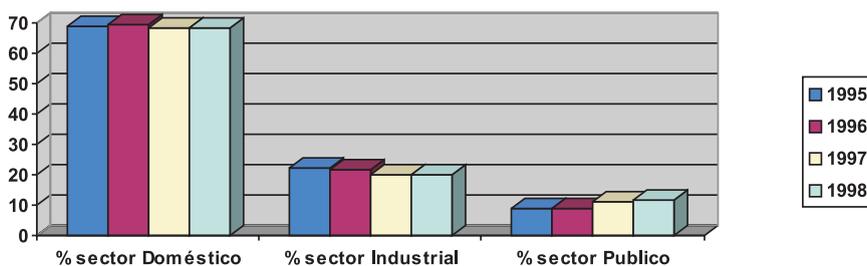
Fuente: Canal de Isabel II.

El incremento ha sido más acentuado en los cuatro últimos años de análisis es decir desde el año 1996 al 1999. Se comprueba el efecto que pueden tener las campañas de concienciación de la población, así, durante la sequía de 1993-1995, el consumo se redujo y no volvió a crecer hasta pasada ésta. El continuo aumento del consumo en Madrid, tanto urbano como industrial y del sector público, influyen en el sistema de abastecimiento y saneamiento que cada vez requerirán más recursos.

El resultado es un incremento de las infraestructuras hidráulicas superficiales y de las captaciones. El Municipio de Madrid por tanto afronta el reto de establecer una política de gestión de la demanda, a largo plazo, orientada a la reducción del consumo. Tal política, constante en el tiempo debe tener como objetivo invertir la tendencia observada en los últimos años.

Para lograr esta política es necesario actuar en varios frentes cuyas competencias corresponden a diferentes administraciones. Las competencias sobre el abastecimiento de agua corresponden a la Comunidad Autónoma a través de la gestión que realiza el Canal de Isabel II, motivo por el cual, el municipio de Madrid carece de poder de acción en el control de la oferta, entendiéndose por tal, las infraestructuras necesarias y su correcta gestión. Sin embargo el Ayuntamiento tiene competencias para poder normalizar aspectos relativos a la edificación y al fomento de adopción de equipamiento ahorrador de agua, que pueden ayudar a reducir el consumo. Esta complejidad en la gestión puede transformarse en una oportunidad si se incrementa la cooperación y coordinación entre Ayuntamiento y Canal de Isabel II, ya que uno conoce sus necesidades y el otro tiene un profundo conocimiento de los servicios. La elaboración de planes de acción conjunta sobre la demanda, las campañas de sensibilización y educación ambiental se potencian en estos casos de cooperación. La distribución del agua facturada por sectores en el municipio de Madrid permite diferenciar las estrategias que de forma prioritaria pueden impulsarse para reducir el consumo.

Gráfico 5. Evolución del agua facturada por sectores en el Municipio de Madrid



Fuente: Ayuntamiento de Madrid

A la vista de los datos puede observarse la importante contribución del sector doméstico, cuyo consumo se incrementa anualmente en cantidad total. El uso industrial se reduce, en todos los conceptos, lo que da idea del esfuerzo de la industria por introducir sistemas ahorradores de agua. Sin embargo el sector público ha incrementado de forma importante el consumo, siendo el incremento mayor que en el sector doméstico. Los usos del agua en el sector público son para riego de zonas verdes, limpieza y baldeo de calles y centros públicos.

Entre los objetivos básicos que debe plantearse el municipio de Madrid, con el fin de controlar y reducir el consumo de agua, podemos destacar:

En primer lugar, la búsqueda de un mayor equilibrio y la eficiencia en el consumo de agua en el ámbito doméstico. Los instrumentos que pueden emplearse son:

— Una mayor formación en el ámbito de una educación ambiental más equilibrada:

Tanto el Canal de Isabel II como el Ayuntamiento de Madrid están realizando importantes esfuerzos en este sentido. El principal reto constituye la continuidad y difusión apropiada con el fin de promocionar el cambio de hábitos, la necesaria participación activa de los ciudadanos y la instalación de tecnologías ahorradoras de agua. El Ayuntamiento de Madrid, por su parte, también realiza una labor importante de educación ambiental en el ámbito de su programa «Madrid un Libro Abierto». La actividad titulada «El Ciclo del Agua», consiste en conocer el recorrido de una gota de agua desde que es captada y recogida en un embalse hasta que es devuelta a una corriente hidrológica, después de haber pasado y haber sido utilizada en un núcleo urbano. Los objetivos son estudiar las distintas instalaciones que se utilizan tanto en la captación del agua como en su depuración y los procesos que en ella se siguen y potenciar las aptitudes que vayan encaminadas a un buen uso y aprovechamiento del agua.

— La estimulación de la tecnología y edificación ahorradora de agua:

La estimulación del mercado de la tecnología ahorradora del agua o la implantación de sistemas de reutilización in situ (aguas grises) son otros de los objetivos que deben plantearse para conseguir una mayor efectividad de las campañas de concienciación. Estas tecnologías deberían imponerse en todos los nuevos edificios que se construyan y promover su instalación en todos los Centros Públicos, grandes empresas, colegios, universidades, hoteles y domicilios individuales. Para algunas iniciativas es necesario efectuar cambios en las ordenanzas y normativas que regulan las instalaciones interiores de suministro de agua, lo que puede considerarse otro de los objetivos que se proponen para el municipio de Madrid.

— El precio del agua:

El precio del agua repercute en su consumo final. En el municipio de Madrid está establecido un sistema de tarifas por bloques. La tarifa fija en Madrid está, en la mayoría de los casos, en torno a los 5 Euros por trimestre (datos del año 2000). Los bloques de consumo para usos domésticos establecidos por el Canal de Isabel II, son:

Bloque 1: de 0 a 45 m³ por trimestre.

Los consumos inferiores a 18 m³ están exentos de la parte variable, el resto paga unas 0,28 €/m³ en aducción y 0,13 €/m³ en distribución.

Bloque 2: de 45 a 90 m³ por trimestre.

La tarifa variable es de 0,39 €/m³ en aducción y de 0,15 €/m³ en distribución.

Bloque 3: más de 90 m³ por trimestre.

En este caso la tarifa es de 0,93 €/m³ en aducción y 0,35 €/m³ en distribución.

El sistema de tarifas por bloques de consumo es un elemento de regulación de la demanda para incentivar el ahorro, aunque existe la controversia, entre distintos sectores de la sociedad, de no constituir un buen elemento regulador de la demanda en aquellas áreas donde el nivel de renta es mayor y además no contempla el consumo por persona penalizando por lo tanto a las familias y viviendas donde viven grupos familiares que incluyan abuelos y otras personas mayores. Una vivienda de una única persona casi seguramente estaría en el primer bloque tarifario mientras que una unidad familiar de un matrimonio, dos hijos y una persona mayor a su cargo (no considerada como familia numerosa) casi siempre estaría penalizada en el sistema de bloques actual. La familia numerosa (tres hijos o más), puede solicitar la aplicación del bloque tarifario 2. El sistema tarifario actual de Madrid por lo tanto es mejorable desde el punto de vista de la incentivación al ahorro y una de las estrategias que se proponen es el establecimiento de tarifas progresivas que penalicen el derroche y premien el ahorro y que atiende al número de usuarios de agua en las viviendas.

En segundo lugar, se trata de reducir el consumo de agua en el sector público. En este ámbito los dos consumos más importantes son el riego de Parques y Jardines y la limpieza de calles.

— La racionalización del riego:

La situación actual en el consumo de agua potable de riego va a mejorar sensiblemente en los próximos años. Ya en la actualidad se ha empezado a controlar el agua consumida en riego por el Ayuntamiento de Madrid instalando contadores en las redes de riego. La racionalización del riego de parques incluye la plantación de especies autóctonas y modificación de los sistemas de riego, implantando riego por goteo u otros sistemas de bajo consumo. Algunas de estas actuaciones ya se están desarrollando en algunos parques y han permitido reducir el consumo de los Parques Históricos en un 18%. Los manuales de diseño y mantenimiento de parques y jardines propuestos en el apartado correspondiente a Medio Natural ayudarán a reducir el consumo.

— La reutilización de aguas depuradas para riego y baldeo de calles:

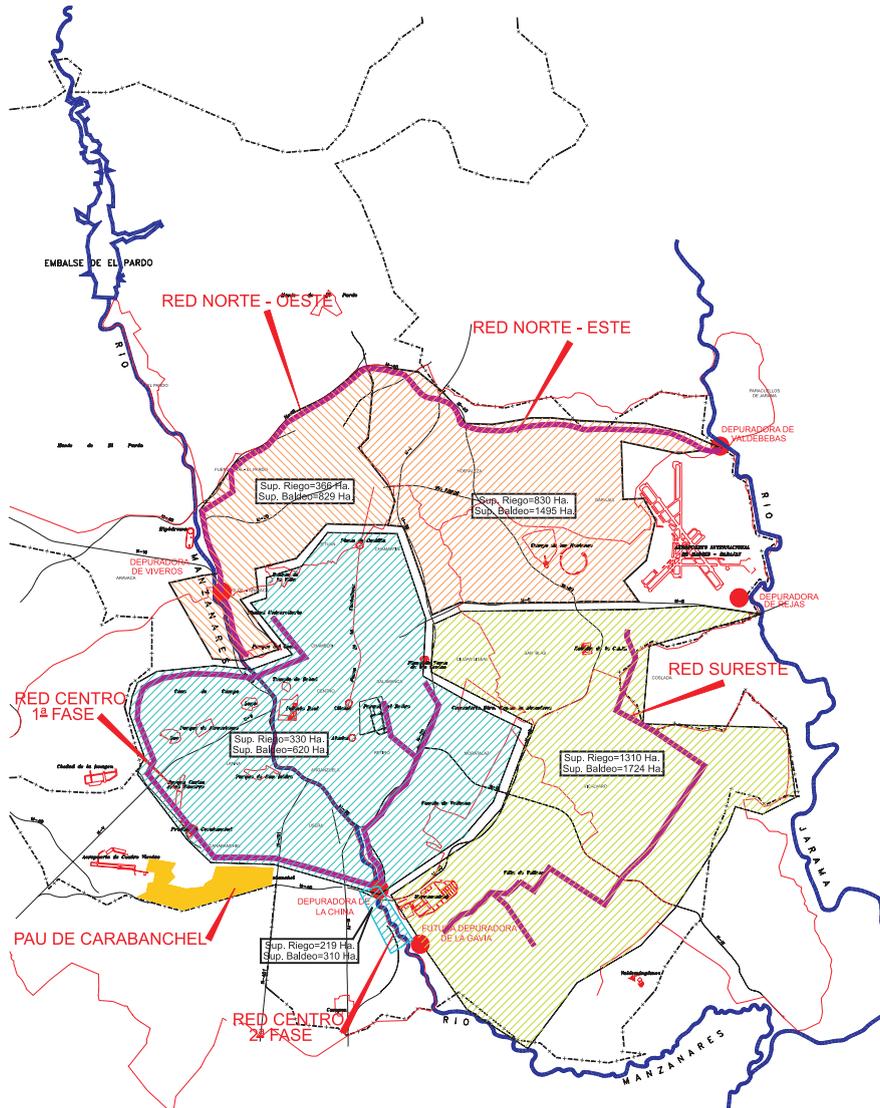
En los últimos años se ha puesto en marcha un proyecto en el que el Ayuntamiento de Madrid, en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente y la Confederación Hidrográfica del Tajo, han desarrollado un Plan para la puesta en marcha de actuaciones de reutilización de aguas residuales depuradas para el riego de parques y limpieza de calles. De esta manera se sustituyen recursos de una gran calidad, como el agua potable, por otros de menor calidad pero con unas condiciones higiénicas muy altas, en estos usos que no precisan calidades del más alto nivel (ver el mapa n. 1).

En el plan global está prevista la construcción de tres redes de aguas depuradas, Centro, Norte y Sureste. La red Centro está ejecutada y en la actualidad el Ayuntamiento de Madrid está terminando la ejecución de las obras de las redes internas de distribución de cada uno de los parques. La red Centro toma el agua depurada de la

ERAR de La China, después de un tratamiento terciario de la misma que garantice unos niveles de calidad e higiene altos, siendo destinada al riego de parques y jardines públicos, el baldeo de calles y el llenado de superficies de agua ornamentales.

MAPA 1. REDES DE AGUA RECICLADA DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID

ESCALA = 1:150.000



Cuadro 7. Características de la red centro de reutilización de aguas depuradas.

	<i>Longitud (m)</i>	<i>Caudal (l/s)</i>	<i>Superficie regada (Ha)</i>	<i>Superficie baldeada (Ha)</i>
Red Centro 1ª Fase	-	300	330	620
Red Centro 2ª Fase	986	150	219	310

Fuente: Dirección de Servicios de Aguas y Saneamiento del Ayuntamiento de Madrid

La red Norte se nutrirá con agua procedente de las depuradoras de Valdebebas, Rejas y Viveros, aguas que también deberán someterse a un tratamiento terciario. Además del riego de parques y el baldeo se está estudiando la posibilidad de regar algunos de los campos de golf de la zona que actualmente emplean agua potable de alta calidad para el riego. Actualmente se encuentra en fase de elaboración del proyecto. La red Sureste, por su parte, se encuentra en fase de estudio y se abastecerá con el agua de la futura ERAR de la Gavia ejecutándose en tres fases que coincidirán con el desarrollo del P.A.U. de Vallecas.

Cuadro 8. Características de la red norte y sureste de reutilización de aguas depuradas

	<i>Longitud (m)</i>	<i>Caudal (l/s)</i>	<i>Superficie regada (Ha)</i>	<i>Superficie baldeada (Ha)</i>
Red Norte Ramal Este	12800	425	830	1495
Red Norte Ramal Oeste	7000	251	366	829
Red Sureste	22000	642	1310	1724

Fuente: Ayuntamiento de Madrid

Con la sustitución de agua potable por agua depurada, para el riego y baldeo, se obtendrá un balance hídrico positivo que supone el ahorro de aproximadamente 20,3 Hm³/año de agua potable de alta calidad, lo que equivale a un embalse de las características de El Villar.

Puede pensarse, al menos en un primer momento, que en la reutilización se está privando al medio natural de unos recursos que le son propios, pero debe recordar-

se que se han incrementado las aportaciones naturales al río por impermeabilización de suelos, y que éstas aumentan con el crecimiento de la ciudad. Además se deben tener presentes los retornos de riego y la evaporación cuyos volúmenes se reincorporan al medio natural, unos al río o a los acuíferos, y otros a la atmósfera.

— Instalación de sistemas de control de consumo:

Se requiere disponer de los consumos de carácter público, tales como el consumo en edificios públicos, riego de parques y jardines o el baldeo de calles, ya que sobre ellos se dispone de un mayor poder de intervención. De esta manera se podrán tomar las decisiones oportunos sobre las actuaciones de control. Con el control de la demanda se puede contrarrestar el efecto de la principal amenaza sobre el suministro de agua en Madrid que es la alta variabilidad y estacionalidad de las precipitaciones. En la última sequía padecida se encendieron las alarmas de fallo en el suministro. Las intensas campañas de concienciación y de ahorro de agua y la explotación intensa de los acuíferos subterráneos, lograron salvar la situación, pero no corrigieron el problema. Hasta la actualidad la tendencia ha sido la regulación de los recursos mediante embalses, tendencia que debe sustituirse o cuando menos complementarse con la gestión de la demanda y las campañas de concienciación continuadas en el tiempo.

4. LAS POLÍTICAS DE SANEAMIENTO

La complejidad del saneamiento y la pluralidad de actuaciones que implica, tiene como consecuencia la coexistencia de distintas definiciones todas igualmente válidas, sin que quepa decir que ninguna de ellas resulta más acertada, pero tampoco ninguna se ajusta con total exactitud a la realidad que abarca. Resulta significativo el hecho de que pocos diccionarios recogen el concepto de saneamiento en lo que a aguas se refiere, lo que hace suponer que la definición que a estos efectos interesa puede ser excesivamente técnica. Desde la Ley de Bases de Sanidad Nacional de 1944 se define el saneamiento como «todo sistema de evacuación y tratamiento de los residuos urbanos e industriales por el que se logre su eliminación con absoluta garantía de orden higiénico» (Art. 27 Ley 25 de noviembre de 1944, de Sanidad Nacional). Como puede apreciarse, esta definición no implica de por sí que el tratamiento y evacuación al que hace referencia sea el de las aguas residuales, por lo que resulta incompleta y se hace necesario acudir al resto de la norma para constatar que la descripción hace alusión a la sanidad de las aguas. La definición de saneamiento de Alvarez Carreño, como «conjunto de operaciones necesarias para el tratamiento de las aguas residuales en una instalación o planta depuradora que permiten, cumplidas determinadas condiciones, su posterior vertido a un cauce público», también puede resultar inexacta y demasiado restrictiva, dado que no hace referencia directa a la recogida y transporte de las aguas hasta las estaciones depuradoras, siendo esta evacuación la actividad que dio origen a lo que en la actualidad se conoce como saneamiento, y resultando imprescindible para la realización

de cualquier tipo de tratamiento. Es cierto que buena parte de la doctrina especialista ha optado por una definición más restrictiva del concepto de saneamiento, inclinándose por considerar como tal al tratamiento técnico de las aguas con objeto de eliminar hasta el máximo posible su contenido contaminante, excluyendo de la idea de saneamiento el resto de actividades de transporte, vertido de aguas residuales a los cauces una vez depuradas, reutilización de los caudales resultantes o aplicación de los lodos y fangos derivados de la depuración. Sin embargo, es tal la interdependencia entre el alcantarillado y el resto de actividades y el saneamiento en sentido estricto que no cabe mencionar uno sin referirse a los demás. Por ello, existen autores que tienden a una definición extensiva y descriptiva al máximo, a fin de no dejar cabos sueltos. Martín Mateo defiende esta postura al establecer que «el saneamiento abarca un conjunto complejo de operaciones consistentes en la captación de las aguas residuales, su traslado, vía alcantarillado, a las estaciones de tratamiento, pasando, quizá, antes, por una red de colectores, el vertido y posible reutilización de las aguas depuradas y finalmente, en su caso, la disposición sanitariamente aceptable de los lodos». Otros autores como Fanlo Loras han optado por un concepto mucho más genérico e indefinido equiparando el saneamiento a un macroconcepto encaminado a conseguir mediante la realización de actuaciones diversas la mejora del nivel cualitativo del dominio público hidráulico.

No es fácil encontrar una definición ideal para describir el concepto de saneamiento, por lo que resulta inevitable ahondar en sus objetivos y fases, a fin de alcanzar una visión global del término. En resumen, el saneamiento tiene por objeto la eliminación del contenido contaminante de las aguas antes de proceder a su vertido a los cauces, a fin de lograr un aumento significativo del nivel de calidad de las aguas. El fin último del saneamiento es la protección cualitativa del dominio público hidráulico, constituyendo una medida sanitaria para preservar la salud pública; además, desde el punto de vista sanitario y ecológico, puede verse como un elemento imprescindible para asegurar la protección de la ictiofauna y la biodiversidad.

La clasificación establecida por Fanlo es la de mayor aceptación y se emplea comúnmente para distinguir entre saneamiento en alta y saneamiento en baja. El saneamiento en baja consiste en la recogida y disposición de las aguas residuales y pluviales de distinta procedencia a través de una red de alcantarillas y colectores hasta las instalaciones de tratamiento. Hasta hace poco tiempo, la tendencia era considerar el alcantarillado en sentido amplio, englobando tanto la red de alcantarillas como las de colectores. En la actualidad, la especialización derivada de la evolución tecnológica y normativa, y la prestación de servicios por distintos tipos de gestores, ha hecho que vaya acusándose una diferencia tendente a excluir los colectores de un concepto amplio de alcantarillado, diferenciando ambos tipos de canalizaciones como distintas etapas del proceso de saneamiento. Hay que distinguir pues entre el alcantarillado y el sistema de colectores. El primero es el conjunto de canalizaciones que recogen las aguas sucias desde su origen y las conducen, reuniéndolas en conductos subterráneos, en los que confluyen todas las aguas residuales que discurren por los distintos ramales de la red de alcantarillas. El sistema de colectores es el conjunto de conducciones que llevan las aguas residuales, unificadas por la red

de alcantarillas, hasta la estación de tratamiento. En cuanto al saneamiento en sentido estricto o saneamiento en alta, consiste en esencia en la actividad de depuración, entendiéndose como tal el sometimiento de las aguas residuales a procesos de tratamiento mecánico y lixiviación, procurando en la medida de lo posible eliminar la carga contaminante de las mismas con anterioridad a su vertido en el dominio público hidráulico, todo lo cual implica la existencia y funcionamiento de las instalaciones de tratamiento y recuperación de las aguas. A fin de evitar efectos molestos o perjudiciales para la salud o el medio ambiente, las EDARs deben mantenerse alejadas de la población, procurando también evitar posibles impactos paisajísticos, así como cualquier tipo de filtraciones de las aguas objeto de tratamiento.

Es importante diferenciar las redes de alcantarillado y colectores, de las de abastecimiento, ya que ni siquiera desde el punto de vista histórico tienen un origen y evolución común. Así como las redes de abastecimiento tuvieron un desarrollo homogéneo en la mayoría de los núcleos urbanos, remontándose en general a la Antigüedad, la evolución de las infraestructuras de saneamiento fue muy heterogénea pudiendo encontrar grandes diferencias entre las ciudades europeas o las de la España cristiana y las de Al-Andalus. En general, los testimonios sobre el saneamiento en los núcleos urbanos no aparecen hasta avanzada la Edad Moderna, con algunas excepciones muy especiales como la famosa «Cloaca Máxima» de la ciudad de Roma, y algunas otras puntuales y destacadas, como la ciudad de Calaceite, hoy abandonada, en Teruel. Entre las ciudades islámicas de la Península destaca la ciudad de Sevilla por ser especialmente innovadora frente a otras, puesto que ya en el siglo XII contaba con una importante red de alcantarillado, un sistema de pozos negros y un estricto régimen de limpieza, según se relata en el Tratado de Ibn 'Abdun. A diferencia de Sevilla, donde la primera infraestructura de saneamiento es de origen islámico, en la ciudad de Toledo se optó por reutilizar un antiguo sistema de alcantarillado de origen romano para evacuar las aguas sucias de la ciudad. Cada casa tendría un ramal que saldría a otro mayor que recogería los de la calle confluyendo en las conducciones generales. La conciencia de sus habitantes sobre la necesidad de sacar las aguas residuales de la ciudad motivó que este sistema fuera mejorado y empleado hasta la época de los Reyes Católicos.

El caso de la Villa de Madrid difiere bastante de otras capitales europeas como París y Amsterdam, ya que Madrid fue una de las grandes urbes más tardías en dotarse de una red de evacuación. Todavía hoy se recuerda la célebre frase de «agua va», como advertencia de los rudimentarios «mecanismos» de evacuación de las aguas residuales, y que se escuchaba hasta hace relativamente poco en las principales calles de la capital madrileña. Desde su fundación la Villa contaba con numerosas redes de suministro de agua limpia, donde según diversos autores debe encontrarse el origen de su actual denominación. La ciudad también se hizo famosa por los grandes problemas de saneamiento que presentaba en la Edad Moderna, como queda reflejado en numerosas obras literarias de autores destacados del Siglo de Oro. La costumbre de verter las inmundicias y otros desperdicios por los vanos de las viviendas todavía era práctica habitual en 1798, fecha en que fue prohibido por

el corregidor de la Villa. Sin embargo, ésta no era la primera prohibición establecida de forma expresa contra este tipo de prácticas, ya que la primera referencia documental conocida es una disposición del Concejo de 1487. Tampoco existen testimonios documentales anteriores al siglo XVII que se refieran a alcantarillas como tales, y las pocas referencias encontradas a partir de este período son de carácter aislado. En realidad hasta la llegada de Carlos III y Sabatini no se acomete sistemáticamente un plan de construcción de alcantarillas. Por ello cabe pensar que quizás las alcantarillas a las que se refieren los textos medievales y de comienzos de la Edad Moderna se corresponden con viajes de agua limpia, y no con redes de saneamiento en sentido estricto. Durante el siglo XIX las referencias a acuerdos para la realización de alcantarillas y pozos se suceden de manera constante, así como propuestas para la recogida de basuras, orientadas a que comenzara a producirse de manera efectiva un cambio sustancial en las costumbres de los madrileños y en la conciencia ciudadana sobre la necesidad de poner fin a los problemas de saneamiento de la ciudad.

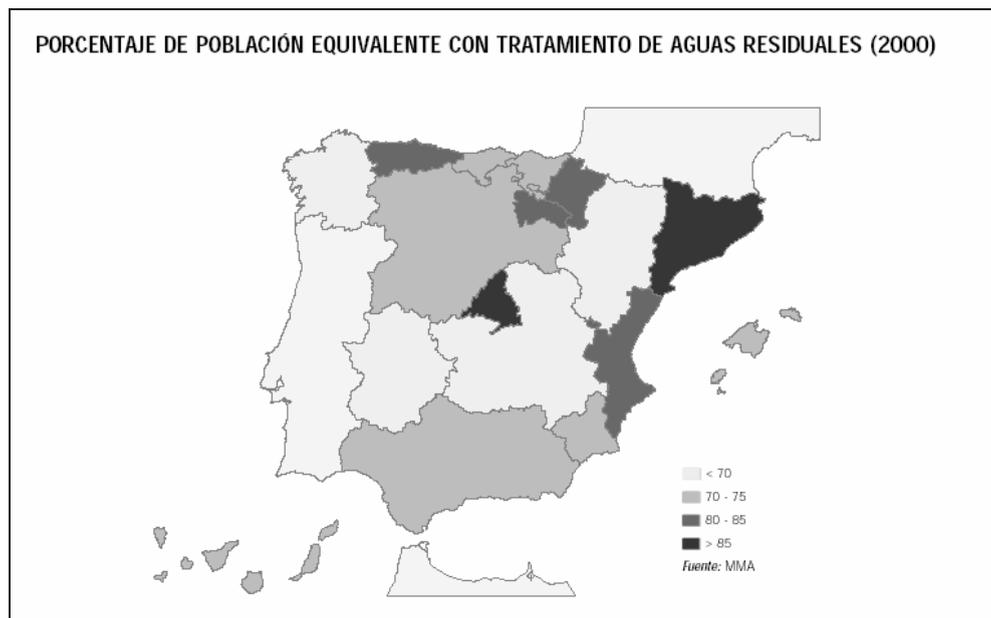
Las infraestructuras de saneamiento garantía de salubridad y protección del medio, nos aproxima al porcentaje de habitantes equivalentes con tratamiento de aguas residuales, según los objetivos establecidos en la Directiva del Consejo 91/271/CEE, respecto al total de habitantes equivalentes (suma de la población de hecho, la población estacional y la carga industrial expresadas en habitantes equivalentes). El cumplimiento de la Directiva de tratamiento de aguas residuales urbanas ha impulsado la construcción de plantas de tratamiento en toda Europa a lo largo de los años 90, lo que ha redundado en una mejora indiscutible de la calidad de las aguas. El esfuerzo en España ha sido más intenso entre los años 1998 y 2000 que en el trienio 1995-1998, pasando el porcentaje de población con tratamiento del 64 al 78%.

A finales del siglo XX y comienzos del XXI, más del 70% de la población y la industria de la UE estaba atendida por instalaciones de tratamiento de aguas residuales que cumplían con la Directiva 91/271. Este porcentaje era del 90% en los países septentrionales y del 50% en el sur de Europa. En España se mantienen los desequilibrios territoriales, en éste como en tantos otros temas del medio ambiente.

La Comunidad de Madrid supera el 85% de la población equivalente en el tratamiento de las aguas residuales. Es, igualmente, destacable en el Municipio de Madrid la amplia y diversificada red de alcantarillado permite dar respuesta a los problemas generados por las aguas residuales y permite un tratamiento por áreas y actuaciones definidas para problemas concretos. El sistema de saneamiento, que actualmente es imprescindible para garantizar condiciones de salubridad en la población y en el medio ambiente de Madrid, y que es considerada como una infraestructura básica, sin embargo es relativamente moderna, lo que indica el grado de mejora que se ha alcanzado en los últimos años. Como ejemplo la primera depuradora, La China, inicia su construcción en 1934 y finaliza en los años cincuenta del pasado siglo, debido a la guerra civil. En definitiva el estado del sistema de saneamiento y depuración de Madrid antes del primer Plan de Saneamiento Integral es una red de colectores de unos 4.000 km de longitud (de propiedad privada y públi-

ca), y un conjunto de siete depuradoras, cuatro con tratamiento secundario, que trataban un caudal total de 6,08 m³/s.

MAPA 2



<i>Depuradora</i>	<i>Año</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Caudal medio tratado (m³/s)</i>
La China	1972	Primario	3.2
Butarque	1972	Primario	1.1
Rejas	1968	Primario	1.2
Viveros	1969	Primario y secundario	0.5
El Pardo	1969	Primario y secundario	0.03
Manoteras	1969	Primario y secundario	0.03
El Zoo	1969	Primario y secundario	0.02

Cuadro 9. Depuradoras existentes antes del PSIM (Plan de Saneamiento Integral de Madrid). Fuente: Elaboración propia con datos del Ayuntamiento de Madrid.

A principios de los años ochenta los ríos Manzanares y Jarama continuaban padeciendo niveles de contaminación muy elevados, debido a que no se depuraban todas las aguas, y a que los tratamientos primarios no eran suficientes.

Dentro de la Comunidad, Madrid es el término municipal con mayor producción de aguas residuales, siendo también el municipio con mayor volumen de aguas residuales de todo el territorio nacional. Ante la grave situación del saneamiento de Madrid se aprueba en 1977 el primer Plan de Saneamiento Integral de Madrid (PSIM) con los siguientes planteamientos:

- Mejora de la red secundaria de colectores.
- Mejora y ampliación de la red principal de colectores.
- Construcción y ampliación de estaciones depuradoras.
- Reglamentación sobre vertidos.
- Acondicionamiento del río Manzanares.

Las obras comprendidas en el primer Plan de Saneamiento Integral (PSIM I) supusieron la construcción de siete estaciones depuradoras y la de varios colectores individuales que formaban parte de la red principal. Además de más de doscientas actuaciones en la red secundaria de colectores, acondicionamiento de fuentes, estanques, etc., entre estas últimas cabe destacar las obras de mejora y acondicionamiento en el Lago de la casa de Campo y los Estanques del Parque del Retiro, con instalaciones de tratamiento del agua.

Respecto a las estaciones depuradoras y colectores la situación después del PSIM I es la siguiente:

Depuradora	Nuevos Colectores	Tratamiento	Capacidad (m ³ /s)
La China	4 Km, y Albroñigales.	Primario y secundario	3.3
Butarque	10 Km	Primario y secundario. Recuperación energética	3.2
Rejas	9 Km y desdoblamiento	Primario, secundario y aprovechamiento energético	1.2
Viveros	13,9 Km	Nueva depuradora para ampliar capacidad. Primario y secundario.	2,1
Sur	Gavia y 5, Km de colector	Primario, secundario, digestión anaerobia y aprovechamiento energético	4
Sur oriental	7,2 Km de colector	Primario y secundario	0,4
Valdebebas	23,8 Km colector	Primario, secundario, digestión anaerobia y aprovechamiento energético	

Cuadro 10. Depuradoras y nuevos colectores después del PSIM I.

Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

La longitud de grandes colectores que se construyeron en la red primaria superó los 70 km. En la red secundaria se superaron los 200 km., especialmente en la zonas periféricas de la ciudad. En 1984 culmina el primer Plan de Saneamiento, con unos valores, en los parámetros de calidad del agua depurada, por encima de los establecidos por la normativa vigente. En 1997 se aprueba el segundo Plan de Saneamiento Integral del municipio de Madrid (PSIM II), actualmente vigente, y del cual se ha ejecutado aproximadamente el 50%. En él se tienen previsto las siguientes actuaciones generales:

- Ampliar la capacidad de todas las ERAR,
- Mejorar las condiciones medioambientales de las ERAR con reducción de ruidos y olores,
- La construcción de nuevos colectores de saneamiento
- La recuperación ambiental de los tramos norte y sur del cauce del río Manzanares.
- Mejorar el acondicionamiento final de los lodos de depuradora mediante instalaciones de secado térmico.

Como resultado de este proceso de desarrollo de infraestructuras de saneamiento y depuración, la red de saneamiento actual tiene una longitud aproximada de 4.500 km, de los cuales, 3.726 km son de propiedad municipal, el resto corresponde a las acometidas a los edificios siendo de propiedad privada. Además de 73.768 absorbaderos, 88.922 pozos de registro y 35 aliviaderos de tormenta.

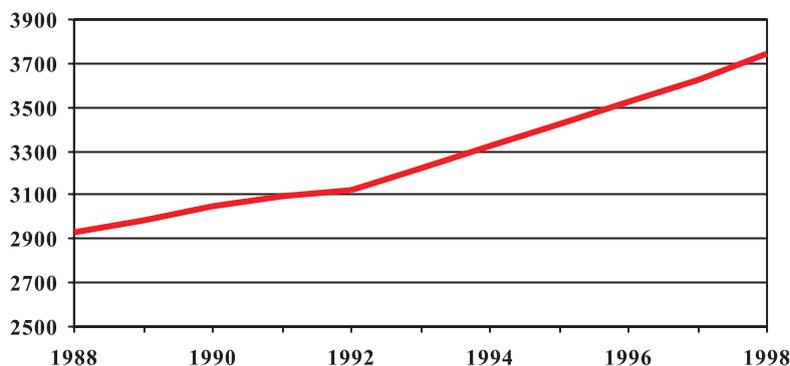


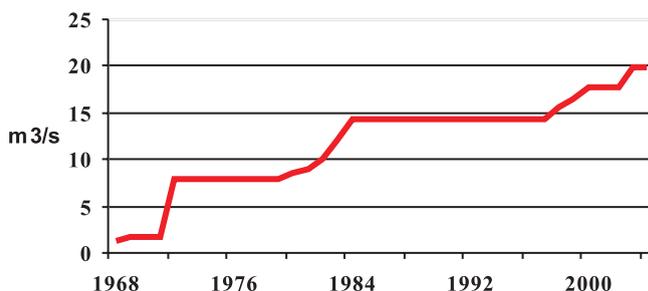
Gráfico 6. Evolución de la red de colectores en el Municipio de Madrid.
Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Uno de los resultados de esta red anterior es precisamente el poder llegar al 100% de la población, lo que incrementa las garantías de salubridad y servicio. El sistema de depuración ha pasado de una capacidad de algo más de 0,5 m³/s en 1968 a la actual de 17,8 m³/s, estando previsto llegar a los 19,8 m³/s para el 2003 con la

entrada en funcionamiento de la depuradora de La Gavia. Actualmente la depuradora Sur, se encuentran al límite de su capacidad de tratamiento. La construcción de esta nueva depuradora, La Gavia, subsanará este problema, pero no parece razonable que la tendencia deba ser esta. No se puede pensar que sea sostenible el continuo desarrollo de infraestructuras como respuesta al aumento de los caudales a tratar, se debería actuar en la fase de generación más que en la de depuración.

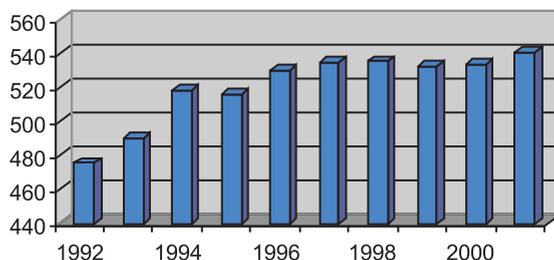
La carga contaminante eliminada por el conjunto de las siete depuradoras en 1998, la cual se evito llegara al cauce de los ríos, fue de 283.816 Tm de DQO, 155.963 Tm de DBO₅ y de 161.726 Tm de sólidos en suspensión. Se observa un incremento anual relacionado con los volúmenes de agua tratados (ver gráficos n. 7 y 8).

Gráfico 7. Incremento de la capacidad de depuración.



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Gráfico 8. Evolución del agua residual tratada anualmente.



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

A la vista de los datos ofrecidos, los principales retos en materia de depuración y calidad del agua son los siguientes:

- La mejora, sin lugar a dudas, en los últimos veinte años ha sido notable; de hecho, los parámetros de calidad, DBO₅, DQO y Sólidos en Suspensión tienen valores de salida inferiores a los exigidos para su vertido en la legislación. Respecto a los contenidos en fósforo y nitrógeno, estos son menores que los indicados para vertidos en la legislación, excepto el nitrógeno amoniacal que supera los valores de la tabla-3 (15 mg/l), más restrictiva que las otras dos (50 mg/l).

Los sistemas existentes en el mercado actualmente de eliminación de fósforo y nitrógeno podrían reducir considerablemente estas cantidades. Después del gran esfuerzo realizado por el municipio de Madrid, la situación general de calidad de agua del Río Manzanares es aceptable con excepción del tramo final del río Manzanares cuya contaminación es elevada, el contenido medio en sólidos en suspensión ha pasado de 32 mg/l en 1994 a 89 mg/l en 1996, y la DQO de 29 a 58 mg/l solo el oxígeno disuelto parece haber mejorado, pasando de 4,6 mg/l a 8,1 mg/l (datos de la Consejería de Medio Ambiente, punto M-15 de la red RECCA de control de la calidad en el río Manzanares). Las causas de este empeoramiento del tramo final del río se deben a: un mayor volumen de aguas procedentes de términos municipales próximos insuficientemente depuradas, sistemas de depuración actuales que no eliminan suficientemente el fósforo y nitrógeno, y a la falta de tratamiento de aguas de tormenta. Actualmente los excesos de aguas pluviales que el sistema es incapaz de conducir y depurar en las épocas de tormenta se vierten a los cauces naturales. Para solucionar este aspecto está comenzándose a analizar la necesidad de construcción de estanques de tormenta que retengan las aguas, y que permitirán depurarlas posteriormente.

Cuadro 11. Contenidos en fósforo y nitrógeno de las aguas residuales depuradas.

ERAR	Ortofosfatos mg/l	Nitrógeno amoniacal mg/l
Viveros	4.2	16.8
La China	4.1	24.8
Butarque	4.5	20
Sur	3.6	28.1
Sur Oriental	2.5	17.3
Valdebebas	5	21.6
Rejas	5.4	12.9

Fuente: Departamento de Depuración del Ayuntamiento de Madrid (2001).

Hay que definir la unidad de medida empleada para cuantificar la carga contaminante biodegradable de los núcleos de población. Esta unidad de medida se denomina habitante - equivalente y según establece la Directiva 91/271CE corresponde a la carga contaminante de 60gr/día de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Varios son los factores que condicionan la calidad del agua en la cuenca del Tajo en función de esta carga contaminante. Quizás el más significativo sea la presencia de Madrid, considerada la concentración urbana más importante de la Península. Este hecho supone que se genere un gran volumen de vertido urbano por una población que se haya además en continuo crecimiento.

Madrid depura el 100% de las aguas residuales antes de su vertido. La Confederación Hidrográfica del Tajo ha centrado siempre gran parte de su actividad en el control de la calidad del agua del Tajo. Se ha encargado de establecer los objetivos de calidad a los que se debe llegar en los distintos tramos de los ríos de la cuenca que, en el caso del agua destinada a la producción de agua potable, se define a través del grado de tratamiento que debe recibir para su potabilización de acuerdo con el Anexo nº 1 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, aprobado por Real Decreto 927/1998 de 29 de julio (CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO, 2002: 116). La cuenca del Tajo cuenta con un alto nivel de desarrollo en cuanto a infraestructuras de depuración. Su capacidad para tratar el agua se sitúa, actualmente, entorno a los 11,3 millones de habitantes —equivalentes a través de 291 depuradoras. Actualmente la Confederación Hidrográfica del Tajo participa en la construcción de tres grandes depuradoras en la Comunidad de Madrid: La Gavia, Culebro - Fuenlabrada y Culebro - Getafe. Estas depuradoras elevarán en 4,6 millones de habitantes - equivalentes la capacidad depuradora de la cuenca, llegando hasta los 15,9 millones de habitantes - equivalentes, que se ajusta casi a la suma de la carga total de contaminación urbana más industrial. A pesar de que se puede considerar como una situación muy satisfactoria en lo que se refiere al tratamiento del agua en la cuenca, quedan todavía lugares singulares como urbanizaciones, pequeños núcleos urbanos, polígonos industriales, etc. en los que los sistemas de depuración son deficientes o incluso inexistentes.

— Autogeneración del 40% del consumo eléctrico

Se aprovecha el biogás generado en la digestión anaerobia de los fangos para generar energía eléctrica. En promedio, las ERAR de Madrid generan el 40% de su consumo eléctrico. Ya se ha citado este aspecto en el apartado correspondiente a consumos sostenibles de energía en el municipio.

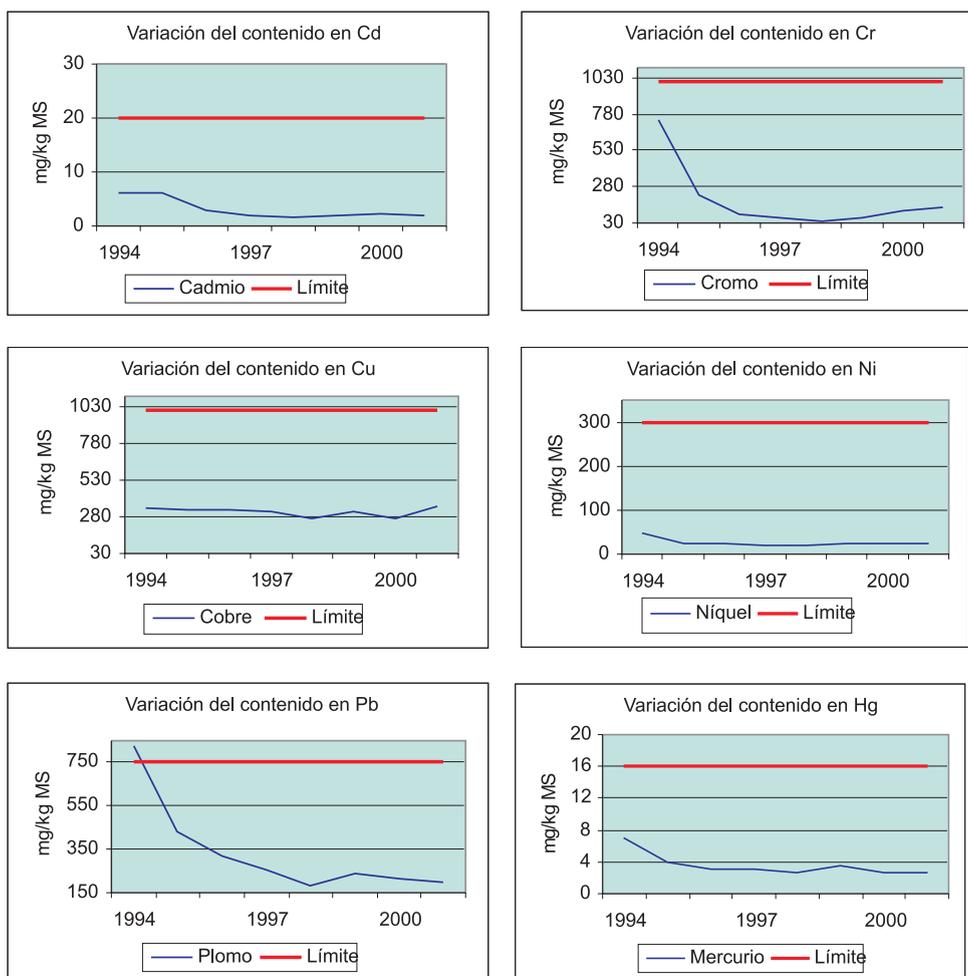
— Producción de un fertilizante orgánico a partir de lodos de depuradora.

La producción anual total de lodos en 1998, en las ERAR de Madrid, ascendió a 518.981 toneladas, lo que supone un 15 % más que en 1996. En términos de materia seca la producción es de 129.627 Tm y supone el 15% de la producción de lodos en España.

Como paso previo a su empleo, y tras la deshidratación pasan por una etapa de compostaje y otra de maduración cuyo resultado es un compost de fácil manejo y

bajo riesgo microbiológico en comparación con otros fertilizantes orgánicos. Recientemente se está implantando el sistema de secado térmico de los lodos, ya implantado en la ERAR Sur y en construcción en Butarque, lo que da lugar a un material granular con una humedad del 5-10%, de fácil manejo y menor volumen. El objetivo propuesto por el Ayuntamiento es aplicar este tratamiento a todas las ERAR del municipio de forma progresiva.

Gráfico 9. Evolución de los contenidos en metales pesados de los fangos.



A la mejora en la gestión relativa a la producción de fangos, le sigue la relativa a la calidad de los mismos, reduciéndose progresivamente las concentraciones de

metales pesados. Solo en el caso del Plomo, se excedían en el año 1994 los límites establecidos para su uso agronómico (Real Decreto 1310/90 y Decreto de la CAM 193/98). Los valores de Cromo también eran muy altos pero sin exceder los límites y esto debido a los vertidos de un determinado tipo de industrias. El control y la vigilancia de los vertidos a la red ha permitido rebajar los valores en metales pesados de las aguas y, en consecuencia, de los fangos. También en el caso del plomo la venta de gasolinas sin plomo ha permitido reducir este contaminante, ya que parte de este material se arrastra con las aguas de lluvia. Todo esto destaca la importancia del control de vertidos en la red y de la normativa referente a la misma. Por lo tanto se debe continuar en esta línea e intensificar este control exigiendo las autorizaciones de vertido en las industrias y realizando inspecciones periódicas.

Todo este sistema necesita un control y mantenimiento para lo que existe un «Sistema de Información Geográfica» en el que se integran todos los datos de servicio y gestión (BDGRAM) que permiten analizar con detalle la situación y evolución de la red. Para ello se dispone de un conjunto de veintiseis estaciones automáticas de medida en los colectores principales y en las siete estaciones regeneradoras de aguas residuales, cuyas señales son enviadas al centro de control.

El número de actuaciones totales al año se está incrementando, debido a la antigüedad de la red y al crecimiento de la ciudad que exige nuevas ampliaciones de los colectores existentes. Al comparar estos datos con las quejas y avisos recibidas por los vecinos se observa una disminución de las mismas, pese a que la población se ha mantenido prácticamente constante, siendo el mayor número de quejas por causa de olores, especialmente en épocas estivales. Todo ello nos hace pensar que la red de saneamiento se encuentra en un estado de equilibrio en su conservación.

En la actualidad el municipio de Madrid está intentando lo que se conoce como el cierre del ciclo de agua, y un todavía mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. Se es consciente de que existe un desconocimiento de los volúmenes de aguas residuales generadas por cada una de las fuentes: urbana, industrial, pérdidas de las redes, baldeo de calles, agua de lluvia, etc.

El reto que se plantea es si existen zonas del municipio de Madrid que generan mayores ratios de aguas residuales que otras, averiguar la razón, y plantear alternativas que consigan la reducción de los volúmenes a tratar, reduciéndose el coste de tratamiento y ampliando el horizonte temporal de las ERAR. Reducir el consumo de agua potable supone necesariamente la reutilización de aguas grises y depuradas. Para un mejor aprovechamiento del recurso agua se pueden destinar recursos que actualmente se vierten al río a usos como inodoros, riego de jardines privados. Estos recursos son las aguas grises de los domicilios y aguas pluviales. Para que esto fuera posible deberían definirse nuevos estándares de calidad del agua en función de los usos a los que esté destinada e instalar equipamientos e infraestructuras adecuadas para reutilizar este agua. En las zonas de nuevo desarrollo (PAU's) pueden plantearse medidas dirigidas a la gestión de las aguas pluviales. Habría que plantearse la posibilidad de instalar redes separativas privadas (aquellas que se encuentran dentro de urbanizaciones, bloques, etc), actualmente inexistentes en la ciudad, y que permitirían una gestión eficaz de las aguas generadas. Del mismo modo, el proyec-

to de urbanización puede realizarse de modo que aumente la infiltración de las aguas de lluvia, reduciendo los coeficientes de escorrentía de agua que llegan a los colectores, e incluso se pueden intentar acciones avanzadas para que estas nuevas construcciones aprovechen las aguas pluviales en su red sanitaria interna. Ello reduciría los consumos de agua potable y consecuentemente la producción de aguas residuales.

No podemos olvidar que el municipio de Madrid debe adaptarse a los parámetros de calidad de agua, para el consumo humano, se recogen a continuación —a partir de lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea—. La primera, —a Organización Mundial de la Salud (OMS)—, establece unas directrices para la calidad del agua potable que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. Las últimas directrices publicadas por la OMS son las acordadas en Génova, 1993.

Como puede observarse, para algunos de los elementos y sustancias que se mencionan no existe directriz. Esto es así porque no existen suficientes estudios relativos a los efectos de esta sustancia en el organismo, y por tanto no es posible definir un valor límite. En otros casos, la razón para que no exista directriz es la imposibilidad de que esa sustancia alcance una concentración peligrosa en el agua, debido a su insolubilidad o a su escasez.

La Unión Europea, por su parte, elaboró la Directiva 98/83/EC acerca de la calidad del agua para el consumo humano, adoptada por el Consejo el 3 de Noviembre de 1998. Esta fue elaborada mediante la revisión de los valores de los parámetros de la antigua Directiva del Agua Potable de 1980, y haciéndolos más estrictos en los casos en que fue necesario de acuerdo con los últimos conocimientos científicos disponibles (directrices de la OMS y del Comité Científico de Toxicología y Ecotoxicología). Esta nueva Directiva proporciona una base sólida tanto para los consumidores en la UE como para los proveedores de agua potable.

Estos son los cambios principales en los valores paramétricos:

- Plomo: La directriz fue reducida de 50 $\mu\text{g/l}$ a 10 $\mu\text{g/l}$, y se definió un periodo de transición de 15 años para permitir la sustitución de las redes de distribución construidas en plomo.
- Pesticidas: Los valores para sustancias individuales y para pesticidas totales fueron mantenidos (0,1 $\mu\text{g/l}$ / 0,5 $\mu\text{g/l}$), en adición, se introdujeron valores más estrictos para ciertos pesticidas (0,03 $\mu\text{g/l}$).
- Cobre: El valor fue reducido de 3 a 2 mg/l .
- Algunos nuevos estándares fueron introducidos para nuevos parámetros como trihalometanos, tricloroeteno y tetracloroeteno, bromato, acrilamida,...

Las fases del Ciclo Integral del Agua no han sido establecidas al azar, sino que tienen como fin garantizar la protección del dominio público hidráulico, junto con la calidad de las aguas para el consumo humano, por lo que constituyen un auténtico servicio de interés público. Como consecuencia de este interés digno de especial protección, los municipios tienen la obligación de proporcionar un sistema de abastecimiento de aguas para consumo humano que cumpla un mínimo de condiciones

sanitarias. La Ley de Bases de Sanidad Nacional establece una tipología de aguas que supedita el concepto de agua de bebida a la concurrencia de una serie de requisitos técnicos, distinguiendo entre agua potable, agua sanitariamente tolerable y agua impotable. Esta normativa no se adecua a las necesidades actuales, ya que desde su promulgación en 1944 se han producido grandes cambios. Prueba de ello es la Directiva 98/83 CE de 3 de noviembre de 1998 que ha exigido su regulación jurídica mediante la elaboración de un nuevo texto que recoja las novedades tecnológicas.

Cuadro 12. Directiva 98/83/EC sobre la calidad del agua destinada a consumo humano. Adoptada por el Consejo el 3 de Noviembre de 1998.

Parámetro	Símbolo/fórmula	Valor paramétrico (mg/l)
Acrilamida	C ₃ H ₅ NO	0,0001
Antimonio	Sb	0,005
Arsénico	As	0,01
Benceno	C ₆ H ₆	0,001
Benzo(a)pireno	C ₂₀ H ₁₂	0,00001
Boro	B	0,001
Bromo	Br	0,01
Cadmio	Cd	0,005
Cromo	Cr	0,05
Cobre	Cu	2,0
Cianuro	CN =	0,05
1,2-dicloroetano	Cl CH ₂ CH ₂ Cl	0,003
Epiclorohidrin	C ₃ H ₅ OCl	0,0001
Fluor	F	1,5
Plomo	Pb	0,01
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Nitrato	NO ₃	50
Nitrito	NO ₂	0,50
Pesticidas		0,0001
Pesticidas - Total		0,0005
PAHs	C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P _{1 3}	0,0001
Selenio	Se	0,01
Tetracloroetano y tricloroetano	C ₂ Cl ₄ /C ₂ HCl ₃	0,01
Trihalometanos - Total		0,1
Cloruro de vinilo	C ₂ H ₃ Cl	0,0005

Cuadro 13. Parámetros indicadores

Parámetro	Símbolo/ fórmula	Valor paramétrico
Aluminio	Al	0,2 mg/l
Amonio	NH ₄	0,50 mg/l
Cloruro	Cl	250 mg/l
<i>Clostridium perfringens</i> (incluyendo esporas)		0/100 ml
Color		Aceptable para los consumidores y sin cambios anormales
Conductividad		2500 µS/cm a 20°C
Concentración de protones	[H ⁺]	? 6,5 y ? 9,5
Hierro	Fe	0,2 mg/l
Manganeso	Mn	0,05 mg/l
Olor		Aceptable para los consumidores y sin cambios anormales
Oxidabilidad		5,0 mg/l O ₂
Sulfato	SO ₄	250 mg/l
Sodio	Na	200 mg/l
Sabor		Aceptable para los consumidores y sin cambios anormales
Conteo de colonias a 22°		Sin cambios anormales
Bacterias coliformes		0/100 ml
Carbono Orgánico Total (TOC)		Sin cambios anormales
Turbidez		Aceptable para lso consumidores y sin cambios anormales
Tritio	H ₃	100 Bq/l
Dosis total indicativa		0,10 mSv/año

Parámetros microbiológicos

Parámetro	Valor paramétrico
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	0 en 250 ml
<i>Enterococci</i>	0 en 250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0 en 250 ml
Conteo de colonias a 22°C	100/ml
Conteo de colonias a 37°C	20/ml

Dentro del nuevo marco regulador, ha sido recientemente aprobado el Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero que detalla con mayor precisión los aspectos relativos a las aguas de bebida, estableciendo las medidas sanitarias y de control necesarias para la protección de la salud de los consumidores y una serie de criterios a aplicar a todas las aguas que al margen de su origen y tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministren a través de las

redes de distribución públicas o privadas, depósitos o cisternas. La norma establece en su artículo 2 la siguiente relación de aguas que tienen cabida dentro del concepto de agua de consumo humano: aguas utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, con independencia de su origen, de si han sido o no tratadas o si la titularidad de las redes empleadas para su distribución es pública o privada; aguas que se utilicen en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos destinados al consumo humano, o las utilizadas en la limpieza de objetos que puedan estar en contacto con alimentos; y aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública. Este Real Decreto establece además los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y los medios destinados a su aducción y distribución, redefiniendo conceptos ya conocidos como fuente, gestor, abastecimiento, estación de tratamiento. Establece, igualmente, los criterios de salubridad, limpieza y muestreo. Incluye una gran novedad respecto a otros cuerpos legales anteriores, que es la información puntual y actualizada al consumidor sobre la calidad de las aguas, así como el régimen de notificación de los incumplimientos que puedan producirse.

5. A LA MANERA DE CONCLUSIONES

Tras lo hasta aquí estudiado podemos colegir las conclusiones siguientes:

Primera conclusión: No debe construirse ningún nuevo embalse para el abastecimiento de Madrid, dado el gran impacto medioambiental que produciría cualquiera de ellos, la absoluta falta de eficacia de los mismos, y la existencia de actuaciones alternativas mucho más eficaces, y cuya incidencia ambiental resultaría mucho menor.

Segunda conclusión: Cualquier tipo de trabajo relacionado con el abastecimiento de agua al municipio de Madrid debe contar con la autorización de la Confederación Hidrográfica del Tajo, siempre que vayan dirigidas a prevalecer el consumo para abastecimiento frente a otros usos lucrativos, lo cual está perfectamente de acuerdo con el orden de prioridad establecido en la Ley de Aguas, y porque permite que se descarte definitivamente la construcción de nuevos grandes embalses, ahorrando de esa manera a la sociedad un gran impacto medioambiental, social y económico.

Tercera conclusión: Actualmente el riego de parques y jardines, así como el baldeo de calles supone un consumo de unos 60 hm³ anuales, aproximadamente el 10 % del consumo total. Tanto el riego como el baldeo se está realizando con agua de abastecimiento, similar a la que llega a las casas. Cuando tuvo lugar la sequía de la primera mitad de la década de los noventa, en municipios como el de Madrid se decidió crear una doble red para el riego de parques y jardines y el baldeo de calles con agua reciclada procedente de las depuradoras de aguas residuales, agua a la que era necesario realizar un segundo tratamiento de depuración más intenso. Actual-

mente dicha red para el riego de los principales parques públicos de la ciudad ya existe, pero no se usa.

Cuarta conclusión: Aunque es cierto que en los últimos años el Canal de Isabel II ha realizado un esfuerzo importante en reducir las pérdidas en las redes de distribución, y que de forma global en el sistema del Canal de Isabel II no son altas, en algunos barrios del municipio de Madrid, aún son importantes. Por tanto, hay que continuar en esa dirección, manteniendo e incluso incrementando las inversiones para reducir aún más dichas pérdidas.

Quinta conclusión: Debemos buscar y evaluar nuevos conceptos en el saneamiento, como son el tratamiento previo o almacenamiento temporal de aguas pluviales, el aprovechamiento de aguas pluviales y aguas grises en nuevas construcciones de viviendas y urbanizaciones, y, la reducción de superficies impermeabilizadas y/o la infiltración de aguas pluviales en el subsuelo.

Sexta conclusión: El actual sistema tarifario incluye un sistema de bonificaciones encaminado a favorecer el ahorro. Resulta, no obstante, evidente que el precio actual del agua es reducido, como pone de manifiesto el hecho de que una gran parte de la población en Madrid no sepa lo que paga por el agua.

Séptima conclusión: Debemos potenciar el conocimiento de la procedencia de las aguas residuales (industrial, doméstico, baldeo, escorrentía), con el fin de optimizar la gestión de las depuradoras, permitir actuaciones coordinadas de control de vertidos y mejorar la calidad de los lodos de depuradora. Hay que potenciar Mejora los sistemas de depuración, en especial en reducción de los contenidos de nitrógeno y fósforo.

Octava conclusión: Hay que intentar aumentar la calidad del agua del río Manzanares en los parámetros de oxígeno, nitrógeno, fósforo. (Coincidente con los objetivos de mejora de los sistemas de depuración) y controlar la vida piscícola del río como bioindicador. Continuar y reforzar el Plan de restauración del Río Manzanares, para impulsar la vida cultural y recreativa en el entorno del río en su tramo mas urbano, recuperar el entorno semi-natural del río en las zonas menos urbanizadas compatibilizando los usos con la vegetación natural de ribera y conservando el perímetro de inundación y controlar y vigilar las nuevas urbanizaciones y proyectos en el entorno del río con el fin de que no supongan una amenaza. En este sentido, cobra gran importancia buscar un equilibrio entre el maltratado cauce y las obras de la M-30.

Novena conclusión: Cobra cada vez más importancia la necesidad de llevar a la práctica una adecuada Educación Ambiental, en materia de agua (sobre todo con el fin de formar y sensibilizar respecto del consumo y de la gestión del agua). Con la adopción conjunta de las actuaciones encaminadas a incrementar la eficiencia en la utilización del agua y de reducción del consumo, las distintas instancias de las administraciones pueden coadyuvar al equilibrio de la oferta y la demanda.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCOLEA, M. A. y SOTELO, J. A. (2005): El patrimonio natural de la Comunidad de Madrid: unidades fisiográficas, paisajes y espacios protegidos., *Madrid, revista de arte, geografía e historia.*, nº 7, pp. 337-372.
- ALVAREZ CARREÑO, S. M. (2002): *El régimen jurídico de la depuración de aguas residuales urbanas*, Madrid.
- ARENILLAS PARRA, M. (2000): *Madrid y El Agua*, «Historia del abastecimiento y usos del agua en la Villa de Madrid», Macías José María-Segura, Cristina (coord.), Madrid, 185-190.
- DALY, H. E. (1990): «Toward some operational principles of sustainable development», *Ecological economics*, vol. 2, n. 1, pp. 1-6.
- DIXON, J. A. y FALLON, L. A. (1991): «El concepto de sustentabilidad: sus orígenes, alcance y utilidad en la formulación de políticas», *Desarrollo y medio ambiente* Vidal, J. (Comp.), Santiago de Chile, CIEPLAN.
- EMBID IRUJO, A. (1995): «Mito, paradoja y realidad en el ordenamiento jurídico de las aguas continentales», *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 105, pp. 589-602.
- GÓMEZ MANPASO, R. y SÁNCHEZ SEGURA, T. (2005): «Un ejemplo de abastecimiento y saneamiento de ciudades: La Configuración Hidrográfica del Tajo». *Observatorio medioambiental*, n.8, pp. 127-151.
- LASA, P. (2004): «Hacia un Diseño Urbano Sensible al Agua de Lluvia», *ACIMA Boletín de Actualidad Medioambiental*, 5 de febrero.
- MARTÍN RETORTILLO, S. (2000): «Acotaciones sobre el «nuevo» derecho de aguas», *REDA* 101, 1999, pp. 5 y ss.
- MOREU BALLONGA, J. L. (1996): «*Aguas públicas y aguas privadas*», Bosch, Barcelona.
- MILL, J. S. (1848): *Principles of Political Economy* Nuestra referencia corresponde a la traducción del F.C.E., México, realizada sobre la 7ª edición inglesa de 1871 corregida por el autor, pp. 641-642.
- M'WHERERIA, G. K. (1996): «Technology, Sustainable Development and Imbalance: A southern Perspective», *International Conference on Technology, Sustainable Development and Imbalance* Tarrasa, Spain.
- NORGAARD, R. B. (1994): *Development Betrayed. The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future* Londres y Nueva York, Routledge, p. 22.
- NORGAARD, R. B. (1996): «Globalization and unsustainability», *International Conference on Technology, Sustainable Development and Imbalance* Tarrasa, Spain.
- Norton, B. B. (1992): «Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health», *Ecological Economics*, vol. 14, n. 2, pp. 113-127.
- O'RIORDAN, T. (1988): «The politics of sustainability», *Sustainable Management: Principle and Practice* Turner, R. K. (ed), Londres y Boulder, Belhaven Press y Westview Press.
- RAMOS, I. (2004): «Desarrollo Inteligente», *Boletín medioambiental de la Comunidad de Madrid y FIDA*, Fundación Investigación y Desarrollo.
- SACHS, I. (1994): «Entrevista», *Science, Nature, Societé*, Vol. 2, no. 3, 1994.
- SACHS, W. (1992): *The Development Dictionary. A Guide to Knowledge as Power* Londres y New Jersey, Zed Books, p. 1.
- SÁNCHEZ GASCÓN, A. (DIR.) (2000): *Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional*, «Revista Derecho y Medio Ambiente», 3, 131-149.

- SETUAIN, B. (2002): El saneamiento de las aguas residuales en el ordenamiento español, Valladolid.
- SOLOW, R. (1991): «Sustainability: An Economist's Perspective», *Economics of the Environment* in Dorfman, R. y Dorfman, N.S. (eds.), 3ª Ed., Nueva York.
- SOLOW, R. (1992): *An almost Practical Step towards Sustainability* Conferencia pronunciada con motivo del 40 aniversario de Resources for the Future, 8-10-1991.
- SOTELO NAVALPOTRO, J. A. (2001): Medio Ambiente y medidas de conservación del medio natural de Madrid., Revista Situación., Serie de Estudios Regionales, Madrid., pp. 495-521.
- VICENTE, J. DE (1998): «La ciudad del futuro», *Arquitectura del Paisaje*, nº 52, octubre.