

El agua en la Comunidad de Madrid

Miguel Ángel ALCOLEA MORATILLA y José María GARCÍA ALVARADO

Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. UCM.

Recibido: 16 de diciembre de 2005

Aceptado: 7 de febrero de 2006

RESUMEN

La caracterización hidrográfica de la Comunidad de Madrid viene definida por la organización de su relieve. Los ríos madrileños se abastecen por las importantes precipitaciones serranas, que aportan la mayor parte de su volumen hídrico. La orientación general de la red hidrográfica es norte sur, marcada por el principal colector, que es, el río Tajo. El conjunto de elementos hidrológicos que existen en la Región tienen en su mayoría un origen antrópico, en donde, el hombre ha transformado el componente hídrico para sus necesidades, principalmente el abastecimiento a la aglomeración urbana madrileña. El control y calidad del agua es vital en el desarrollo madrileño, son gestionados por el Canal de Isabel II, empresa pública de esta Comunidad, que garantiza el abastecimiento y calidad del agua a la práctica totalidad de los municipios de Madrid.

Palabras clave: *Embalse, Humedal, Acuífero, Canal de Isabel II, Hidrografía de Madrid.*

The water in the Community of Madrid

ABSTRACT

The hydrographical characterization of the Community of Madrid it's defined by the organization of it's relief. Madrid's rivers are supplied mainly by the important rainfall and snowfall in the mountains, which supplies to those rivers most of their flow. General hydrological disposition is N-S, influenced by the main water collector, Río Tajo. The whole hydrological elements which exists in the region have, most of them, an anthropic origin, that means men had changed the river flow in order to satisfy his necessities, mainly for the water supply in Madrid city. Water control and quality, very important in Madrid's development are managed by *Canal de Isabel II*, state-owned company which grants the supplying an the quality of the water in most of Madrid's Towns.

Keywords: *dam, wetlands, aquifer, Canal de Isabel II, Madrid's Hydrography.*

L'Eau dans la Commite de Madrid

RESUME

La caractérisation hydrographique de la Communauté de Madrid est établie par la organisation du soulagement. Les rivières de Madrid se nourrissent principalement par les averses de régions montagneuses, qui contribuent la plupart de son volume d'eau. La orientation général du la réseau hydrographique est N-S, vers le principal rivière Tajo. Le jeu d'éléments hydrologiques qui apparaît dans la Région a une principale origine anthropique, ou le l'homme a transformé le composant hydrique pour ses besoins, principalement par la provision a la agglomération urbaine de Madrid. Le contrôle et la qua-

lité de l'eau, essentiels dans le développement de Madrid, sont gérés par le Canal de Isabel II, société publique de cet Communauté que garantisse la provision et la qualité de l'eau a presque la totalité des municipalité de Madrid.

Mots clé: *Barrage, Hume dal, Aquifère, Canal de Isabel II, Hydrographie de Madrid.*

SUMARIO: 1. Comunidad de Madrid vs. región de Madrid. 2. Potencial hidrográfico de la Comunidad de Madrid. 3. Sistema hidrológico en el abastecimiento a la aglomeración urbana madrileña. 4. Protección de elementos hidrológicos en la Comunidad de Madrid. 5. Depuración y calidad de las aguas residuales en la Comunidad de Madrid. 6. Conclusiones. 7. Bibliografía.

1. COMUNIDAD DE MADRID VS. REGIÓN DE MADRID

La identidad regional de la Comunidad de Madrid es su alta densidad demográfica, que se traduce en una intensa urbanización, no limitada a su marco provincial, el cual constituye un territorio pequeño, pues posee una superficie de 8.030 km², que es una exigua parte de la Submeseta Sur, unidad del relieve peninsular en la que se inscribe.

El intenso poblamiento define a la Comunidad de Madrid en una Región cuyo rasgo de identidad es su antropogeografía, que contrasta notablemente con su entorno inmediato de menor densidad, y por lo tanto, de inferior presencia humana. El Profesor Casas Torres al hablarnos de la «La singularidad de Madrid» nos dice: «Madrid sería una provincia más de la división de Javier de Burgos. Una provincia más del interior peninsular. Sin duda habría sido así una de tantas sin la existencia en ella de la Villa, caracterizada por: una desvertebración del medio natural y una organización esencialmente comarcal».

La aglomeración madrileña en su conjunto regional supone una concentración de población de 5.423.384 en el último Censo de 2001, con mayores densidades en el centro territorial, configurando el Área Metropolitana Madrileña, disminuyendo en periferia o área rururbana. El poblamiento madrileño tienen su desarrollo, por lo tanto, en la llanura, especialmente en la campiña central y las vegas de los ríos Manzanares, Jarama y Henares alterando y transformando el modelado fisiográfico primigenio en un continuo urbano y periurbano.

La configuración fisiográfica regional es dual —montaña y llanura—, pues está formada por parte del Sistema Central, con la Sierra de Guadarrama como la principal unidad montañosa madrileña, enlazada por el Oeste con las estribaciones más orientales de Gredos y Somosierra por el Este; y parte de la Cuenca del Tajo que constituye la llanura madrileña, en donde, campiñas, vegas y páramos conforman su modelado. Estos dos elementos compartimenta y establecen los grandes rasgos el territorio de la Comunidad de Madrid, pues configuran las grandes unidades o complejos geológicos, litológicos, altimétricos, biogeográficos, etc: la Sierra y la Cuenca:

La Sierra es el sector ocupado por la parte madrileña del Sistema Central y sus estribaciones. Esta toma la forma de una banda longitudinal de 135/140 km en sen-

tido Noreste/Suroeste, en el lado Occidental u Oeste del triángulo que forma la Comunidad. Supone un 30% de superficie y con unos 25 Km. de ancho y una altitud máxima de 2430 m. en Peñalara. Se trata del Madrid paleozoico en donde quedan algunos testimonios de la cobertura meso–cenozoica (en los bordes y en una fosa interior de la Sierra) y constituida por materiales cristalinos de origen plutónico y metamórfico. Es en este sector, es en donde la topografía es más dinámica. Presenta un sistema de montes, cuerdas y sierras con formas redondeadas parameras serranas y con huellas del glaciario y periglaciario cuaternario, se establecen en diversas alineaciones que la estructuran, y junto a elementos aislados producto de residuos geológicos. Las laderas montañosas se apuntalan sobre antiguas fallas desniveladas por la erosión, y en donde el elemento dominante es el escarpe. Dentro de este conjunto destaca el Valle del Lozoya, constituido por un gran bloque hundido y limitado por las alineaciones de la Sierra de Guadarrama.

La Cuenca se corresponde con el Madrid sedimentario, más suave y reposado topográficamente, debido, en unos casos a la acumulación fluvial (cuaternario), marítima (especial importancia de la transgresión cenomanense) o lacustre (calizas de los páramos). Posee una extensión aproximadamente de 5.000 km² y el 60% del territorio madrileño, con alturas comprendidas entre los 800 a 450 m. Su origen se establece como parte de una gran fosa rellenada por materiales procedentes de los relieves limítrofes en la orogénesis terciaria, sobre la que se instala la actual red fluvial, con un modelado actual en campiñas, páramos y vegas.

Los páramos son la continuación de la Alcarria, aparecen en el sureste de la Comunidad en dos superficies (el páramo de Alcalá y el de Chinchón) separadas por el río Tajuña, y llegan hasta los ríos Henares y Jarama en su límite septentrional y occidental, y el Tajo en el linde meridional.

Las campiñas, con un componente litológico arcósico, forman lomas suaves y a menor altitud que el páramo, formaron parte de éstos, pero sometidas a una intensa erosión fluvial, presentan el actual aspecto, en el que quedan cerros aislados, testigos que resistieron la acción de los ríos. Típicos son los campos de Brunete, Majadahonda, Navacerrada, Valdemoro o Algete. La Capital, en plena campiña, aún conserva como restos El Pardo y la Casa de Campo.

Las vegas situadas entre los páramos y las campiñas, se formaron por los cambios climáticos de las glaciaciones, los ríos más importantes fueron excavando terrazas, con el resultado de las actuales vegas. Aparte de las vegas de los grandes ríos del Sureste, hay vegas más o menos amplias repartidas por todo el territorio de la Comunidad.

Tectónicamente la dicotomía sierra–cuenca viene diferenciada por una falla de dirección NE-SO (Torrelaguna), fácil de distinguir geológicamente, pero no topográficamente al existir una zona de transición denominada «Rampa o llanura de piedemonte». se extiende desde la confluencia del Lozoya con el Jarama, paralela a la Sierra, hasta Cenicientos, con una altura media de 900 m.. De origen neógeno, el modelado proviene en su mayoría de la destrucción por erosión del relieve serrano. Se trata de una franja entre la Sierra y el Valle del Tajo, de anchura variable y formada por cerros, lomas y pequeños llanos, en los que se alzan aisladas, como estri-

baciones del Guadarrama, pequeñas formas montañosas (Sierra de Hoyo de Manzanares, Cabeza Illescas, Cerro de San Pedro, etc.).

2. POTENCIAL HIDROGRÁFICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

La cuenca hidrográfica de la Comunidad de Madrid se inserta casi en su totalidad en la Cuenca del Tajo (7.983 km²), solamente los arroyos existentes en la ladera norte del Puerto de Somosierra pertenecen a la Cuenca del Duero, su extensión e importancia es muy limitada. La superficie de la Región madrileña es exígua cuando la insertamos en el conjunto de la Cuenca del Tajo (14,4%), los ríos, arroyos, etc. que descienden desde la Sierra en una clara dirección longitudinal (norte-sur), fluyen hacia principal colector que es el río Tajo, constituye el principal río de la Comunidad de Madrid, aunque sólo atraviesa el límite sur-sureste, y vierten en él todos los cursos fluviales que discurren por la Comunidad, desembocando bien dentro de ella, o en Toledo.

Su caracterización hidrológica es la influencia del relieve, nutridos por las importantes precipitaciones serranas que aportan la mayor parte de su volumen hídrico, pero a pesar de estas obligadas modificaciones que la altitud impone al clima, en la Sierra es una montaña mediterránea en la que la nieve llega siempre tarde, tiene poca entidad y escasa duración. Las nevadas tienen importancia por encima de los 1.000 m., correspondiendo el máximo de 75 días de media anual a Navacerrada, 20 en las vertientes de la Sierra (en los observatorios del Valle de Cuelgamuros y Rascafría), 2 días en la llanura, las vegas y páramos. En Navacerrada, a 1.889 m de altitud, la probabilidad de que se produzca este tipo de precipitación se extiende a todos los meses del año, salvo julio y agosto; en zonas próximas a los 1.000 m, los meses libres de nevadas se elevan a cuatro, y en el resto de la Comunidad de Madrid se limitan a los meses de invierno, con una frecuencia media inferior a los 4 días por año. No es pues la alimentación nival la que establece exclusivamente el régimen de los ríos madrileños, aunque las aguas de fusión generan una parte destacada en su caudaliosidad.

La irregularidad pluviométrica define a las precipitaciones en el territorio madrileño (Mapa 1). La disposición del relieve es, por tanto, el principal factor que determina el trazado de las isoyetas, con un incremento medio de 65 mm por cada 100 metros de ascenso; no obstante, existen importantes diferencias locales derivadas de la misma configuración, especialmente de las orientaciones de los valles respecto a los flujos atlánticos del oeste y suroeste, que son los principales productores de precipitaciones.

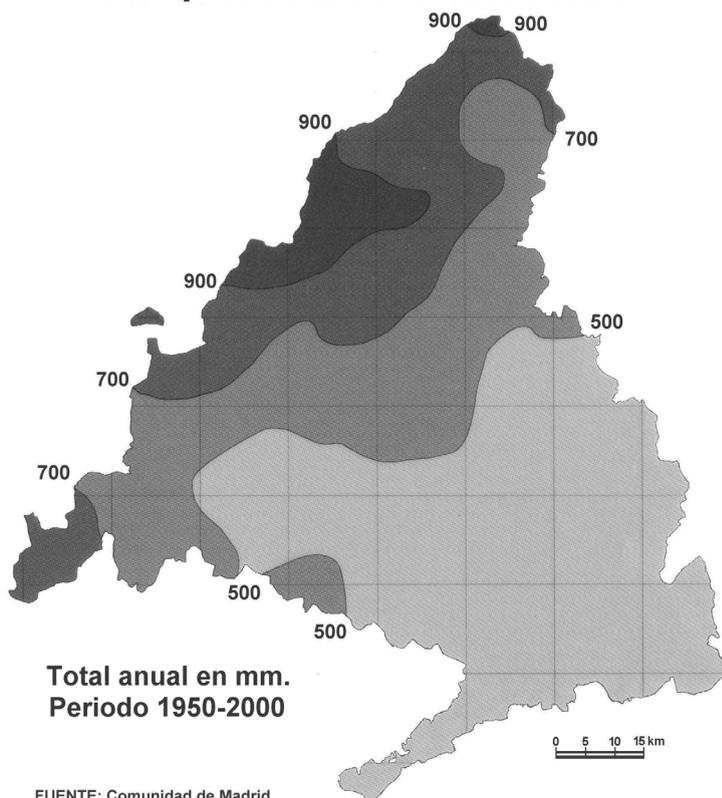
Los contrastes existentes distinguen tres áreas que concuerdan con las unidades fisiográficas y altimétricas regionales:

- La Sierra de Guadarrama y Somosierra, con precipitaciones totales superiores a 700 mm, superando los 900 mm en la zona de cumbres. En Navacerrada, el observatorio más lluvioso de la Comunidad de Madrid, en el periodo

1985/2002, ha tenido un promedio de 1.211 mm, con un máximo en 1996 de 2.009 mm.

- La Rampa, en donde los totales se sitúan entre los 500 y 700 mm.
- La Cuenca, integrada por la campiña, las vegas y los páramos con totales inferiores a los 500 mm, pero superiores a los 400 mm.

Mapa 1. PRECIPITACIONES



El resultado son ríos mediterráneos mal y desordenadamente proveídos, tienen una irregularidad muy acusada, que en sus cuencas altas se pone además de manifiesto por la naturaleza impermeable de la mayor parte de las rocas que las forman.

Esta diferenciación pluviométrica territorial también se manifiesta en el ritmo anual de las precipitaciones. La sequía estival es el rasgo más constante; sin embargo, los períodos lluviosos pueden retrasarse o no aparecer, dando lugar a la presencia de sequías prolongadas con los consiguientes problemas para los suministros urbanos, principal destino del recurso hídrico madrileño. El volumen total de agua precipitada en un año medio es algo superior a los 4.000 hm³ (Canal de Isabel II),

de los cuales se pierden cuatro quintas partes directamente por evapotranspiración, la capacidad potencial de embalse se reduce a menos de 800 hm³, la aportación de los ríos a los embalses ha sido en 1999 de 362,2 hm³ y durante el año 2000 de 650,4 hm³. Se explica que abastecer a Madrid con las aguas de unos ríos con las características antes mencionadas haya sido motivo de muchas preocupaciones y incertidumbres para los responsables del Canal II.

La configuración de la red hidrográfica en la Región de Madrid se realiza durante el final del Plioceno, y se consolida en el Cuaternario. Se adapta a la tectónica existente en el marco regional de la Meseta, al rejuvenecimiento de bloques hundidos y levantadas, graven y horts, Fosa del Tajo y Sierra de Guadarrama. Sobre la margen meridional de la Sierra de Guadarrama se extiende por la amplia rampa, que conecta el conjunto montañoso con la fosa y soporta una red fluvial en abanico, que discurren por la cuenca, en donde, se hallan y trascurren los ríos de la Comunidad con sus colaterales afluentes: el Jarama con el Lozoya, el Guadalix y el Manzanares, además, del Henares y el Tajuña que nacen en Guadalajara; el Guadarrama con el Ausencia; el Alberche con el Cofio (que nacen en Ávila) y el Perales. Las alteraciones habidas en estos ríos, tanto en el régimen hidrológico como en los cursos, se deben a las grandes obras hidráulicas existentes (embalses, canales, trasvases, regadíos) que regulan totalmente sus caudales, cuya finalidad ha sido el aprovechamiento antrópico de sus aguas. Resulta muy significativa la retirada de caudales mediante derivaciones cuyo fin principalmente es el abastecimiento urbano y en menor medida el riego y centrales hidroeléctricas. Estas retenciones, derivaciones y alteraciones de los aforos dejan a los ríos, en la mayoría de los casos, con dotaciones mínimas de agua que resultan ser insuficientes para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos de las riberas durante amplios períodos de tiempo. Al no coincidir los límites de las cuencas con los de la Comunidad de Madrid, los cauces de algunos de estos ríos sobrepasan dichos límites y al entrar en Madrid llevan aguas procedentes de una superficie más de dos veces superior al área Regional.

**Cuadro 1. SUPERFICIES DE LAS CUENCAS A LA ENTRADA,
EN LA COMUNIDAD DE MADRID Y TOTALES (km²)**

| Cuenca | Superficie a la entrada en la CAM | Superficie dentro de la CAM | Superficie al abandonar la CAM | Superficie total de la cuenca |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Jarama | 6.275 | 5.322 | 11.597 | 11.597 |
| Guadarrama | - | 993 | 993 | 1.708 |
| Alberche | 1.648 | 976 | 2.624 | 4.108 |
| Directa al Tajo | 10.774 | 704 | 11.478 | 55.645 |
| Duero | - | 35 | - | 78.970 |
| Total | - | 8.030 | | |

FUENTE: Comunidad de Madrid. Confederación Hidrográfica del Tajo.

El Jarama, es por cuenca (11.597 km²) como por caudal (999 hm³/año), el río madrileño más importante. Su nacimiento se origina en la Peña Cebollera en Somosierra, se interna prontamente en la provincia de Guadalajara y, tras el embalse del Vado, entra definitivamente en la Comunidad madrileña por la presa de Valdentales

en Torrelaguna. Desde este punto discurre con dirección Norte/Sur, atraviesa entre otros los municipios de Talamanca de Jarama, San Fernando de Henares, Rivas-Vaciamadrid y San Martín de la Vega, para desembocar en el Tajo cerca de Aranjuez (paraje La Flamenca), tras recorrer 194 km. Sus afluentes más destacados son el Lozoya, Guadalix y Manzanares por la margen derecha, y Henares/Sorbe y Tajuña por su margen izquierda. El caudal ecológico anual es de 15,5 hm³.

El Lozoya nace en la laguna de Peñalara, con el nombre de Angostura, se identifica como tal, cuando se une a los arroyos de Cerradillas y Guarramillas. Recorre el valle del mismo nombre en el interior de la Sierra del Guadarrama, y transcurre su cauce en dirección oeste a este, desemboca en el río Jarama en las proximidades de Patones, con un recorrido de 91 km. En este río se encuentran los embalses de Pinilla, Riosequillo, Puentes Viejas, El Villar y El Atazar. La cuenca del Lozoya aporta a los embalses que abastece a Madrid, en datos medios históricos, casi el 50% del total de su consumo, seguida de la del Jarama y la del Manzanares, por lo que resulta fundamental en el suministro de agua. Entre las presas de Pinilla y Riosequillo posee un volumen anual de 59 hm³, con un caudal medio de 2,30 m³/s entre los meses de julio a septiembre y noviembre a febrero, y 1,50 m³/s en el resto del año. Entre la presa de El Atazar y su confluencia con el Jarama el caudal ecológico anual es de 27 hm³, y el caudal medio es de 1,5 m³/s entre los meses de julio a septiembre y de noviembre a febrero, el resto del año es de 0,3 m³/s.

El Guadalix nace en el puerto de la Morcuera, con un recorrido de 41 km desemboca en el Jarama. El caudal ecológico anual es de 21 hm³. En su curso se encuentra el embalse de Pedrezuela.

El Manzanares nace en el Ventisquero de la Condesa la ladera meridional de la Sierra de la Cuerda Larga, cerca de la Bola del Mundo, pasa por Manzanares el Real, Madrid y tras recorrer 86 km desemboca en el Jarama. Tiene un caudal ecológico anual de 25 hm³. En este río se encuentra los embalses de Santillana y del Pardo. A lo largo de su cuenca alta se ha configurado el Parque Regional del Manzanares.

El Henares nace en Sierra Ministra (Guadalajara) y un recorrido de 160 km, entra en Madrid por Los Santos de la Humosa pasa por Alcalá de Henares, Torrejón de Ardoz y desemboca en el Jarama cerca de Mejorada del Campo. Su principal afluente es el Sorbe que recoge las aguas de Somosierra y unido por un canal con el Jarama

El Tajuña nace en el Puerto de Maranchón (Guadalajara) con un recorrido 226 km. Puede definirse como el río del páramo alcarreño al que divide en dos grandes mesas (Alcalá y Chinchón), atraviesa la Comunidad por el sureste, entra por las cercanías de Ambite, tras servir de límite con la provincia de Guadalajara. Pasa por Carabaña, Tielmes, Perales de Tajuña, Morata de Tajuña y desemboca en el Jarama cerca de Titulcia.

El Guadarrama nace en la zona central de la Sierra (Siete Picos, Puertos de la Fuenfría y Guadarrama), posee un recorrido de 129 km y una superficie de cuenca de 1.708 km² y unos recursos hídricos totales medios de 152 hm³/año, con un caudal ecológico anual de 46,7 Hm³. Pasa Guadarrama, de donde toma su nombre, dis-

curre por la Rampa y las Campiñas, hasta salir de la Comunidad en la proximidades de Batres, a lo largo de su cauce se ha constituido el Parque Regional del Guadarrama. En su cuenca se encuentra los embalses de Los Arroyos La Jarosa y Valmayor. Tiene como principal afluente al río Ausencia.

El río Alberche nace en el Puerto de El Pico (Ávila). Entra en Madrid por el embalse de San Juan, constituye la cuenca del Suroeste madrileño, abandona la Región por El Alamín en Villa del Prado. Tiene un recorrido en la Comunidad de Madrid de 40 km, aunque su cauce es de 182 km y la extensión de su cuenca de 4.108 km² y unos recursos hídricos totales medios de 802 hm³/año, con un caudal ecológico de 21,8 hm³. Sus principales afluentes son el Cofio y el Perales que constituyen los colectores hidrográficos del suroeste regional. Embalsa las aguas de San Juan, Picadas, La Aceña y Los Morales.

El Tajo es el río más importante que transcurre por la Región, aunque de forma colateral en el sureste regional, con un recorrido de 70 km. Se adentra en Madrid por Estremera y sigue el límite con provincial con Toledo en varios tramos hasta Aranjuez, en donde, el río Jarama desagua, abandonando la Comunidad por Algodor. Siguiendo su curso recibe las aguas de los ríos Guadarrama (pasado Toledo) y Alberche (cerca de Talavera).

3. SISTEMA HIDROLÓGICO EN EL ABASTECIMIENTO A LA AGLOMERACIÓN URBANA MADRILEÑA

En la cabecera de los ríos se han construido una serie de embalses que constituyen la riqueza hidrológica de la Comunidad, su construcción se produce desde la segunda mitad del siglo XIX, motivada por la necesidad de suministrar agua a la cada vez más numerosa población madrileña, siempre «in crescendo» desde la primera mitad del siglo XIX (240.000 habitantes en 1858, 310.000 en 1871, 539.825 en 1900), imposible de abastecer por el sistema tradicional de los viajes, se hizo imprescindible buscar alternativas. El resto de las ciudades europeas que se encontraron en dificultades parecidas, la mayoría lo resolvieron con la traída de agua alejada del núcleo urbano. Madrid optó ideando un sistema hidráulico, que embalsa el agua de las precipitaciones serranas en cabecera de los ríos madrileños (Lozoya, Jarama, Guadalix, Manzanares, Guadarrama, Aulencia y Alberche), y conducida por un complejo sistema de canales a la aglomeración urbana, supuso a mediados de siglo XIX una obra de ingeniería audaz y brillante, resolviendo el precario sistema de abastecimiento de agua a Madrid, desde entonces un aumento de demanda se ha resultado con la construcción de embalses, hasta colmar las posibilidades topográficas y medioambientales (finales del siglo XX), completado el volumen en las últimas décadas con aguas subálveas y subterráneas.

La iniciativa de este ingenioso sistema fue de Bravo Murillo (Presidente del Gobierno), el Real Decreto de 18 de junio de 1851 dispone que para el abastecimiento de Madrid, el Gobierno tome a su cargo la ejecución de una presa de captación y de un canal, que llevará el nombre de la soberana: «*Señora, la primera, la*

más urgente necesidad del pueblo de Madrid, es el abastecimiento de aguas, necesidad que todos sus habitantes sienten y deploran, y que sería, por tanto, inútil encarecer... El Gobierno de V.M. no puede ni permanecer por más tiempo mero espectador de los sufrimientos actuales de los habitantes, ni aguardar con indiferencia las calamidades que amagan a una numerosa población que crece rápidamente. Madrid, residencia de los Reyes y de los altos poderes públicos, patria común de los españoles, ve amenazada su existencia por la escasez de agua...».

Las construcciones del primer momento son: la presa vertedero del Pontón de la Oliva en el río Lozoya, capaz de embalsar tres millones de m³, terminada en 1856, posteriormente en desuso por las filtraciones existentes, sustituida por el azud de La Parra (1904); el canal, que posteriormente se llamó Bajo, de 77 km de recorrido en su origen, constituye con un complejo sistema de túneles, sifones y acueductos, preparado para conducir un caudal de 4 m³/s y un mínimo de 81.000 m³ diarios; el primer depósito urbano se localiza a las afueras de la ciudad en el Campo de Guardias, con 58.000 m³ de capacidad, además, de una red arterial de conducciones por el casco urbano madrileño; la traída de aguas del Lozoya se inauguró oficialmente en junio de 1858.

Para la gestión de este sistema hidráulico se constituyó en 1851 la entidad «Canal de Isabel II» con capital tanto público como privado, con la finalidad de prestar el servicio de abastecer agua a la Villa de Madrid, dependiendo del Ministerio de Fomento. En los años 50 se amplió su competencia al abastecimiento de toda la Provincia, aunque desde 1928 abastecía también a los núcleos de población limítrofes, la incorporación de los municipios madrileños ha sido progresiva desde entonces. En abril de 1971 se transforma en Empresa Pública dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, posteriormente en 1984 con la constitución de la Comunidad de Madrid se adscribe al ente autonómico, por *Real Decreto 1873/84 de 26 de septiembre*. La *Ley de 20 de diciembre de 1984* estableció el marco regulador del abastecimiento y saneamiento de agua en la Comunidad de Madrid. Este fue el origen del Plan Integral de Agua en la Comunidad de Madrid (PIAM), por el que el Canal e Isabel II afrontó una nueva tarea: la depuración de las aguas residuales, o que supone la gestión integral del agua en la práctica totalidad del territorio autonómico.

La llegada del agua a Madrid en junio de 1858, supuso para la población madrileña un cambio cuantitativo y cualitativo de considerable magnitud en el consumo de agua, que pudo acceder a un mayor volumen y mejor calidad de agua a la que procedía de los antiguos viajes, junto con un suministro domiciliario.

La construcción de la presa de El Villar (1879) y las posteriores en la primera mitad del siglo XX (Manzanares en 1912 y Puentes Viejas en 1939), se producen al compás del crecimiento de la población de la ciudad de Madrid, que junto con el canal de transporte al municipio madrileño, los depósitos reguladores y la red arterial de distribución urbana configuraron el Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II.

Cuadro 2. EMBALSES DEL SISTEMA HIDROLÓGICO DEL CANAL DE ISABEL II

| DENOMINACION | RÍO | AÑO | TIPO | ALT. (m) | LON. (m) | CAPA. (hm ³) | SUP. (Ha) | USOS |
|------------------------|-------------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|
| El Villar | Lozoya | 1879 | Gravedad | 50 | 107 | 22,4 | 136 | Abastecimiento |
| Puentes Viejas | Lozoya | 1939 | Gravedad | 66 | 324 | 53,0 | 292 | Abast., riego, hidroel. |
| Picadas | Alberche | 1952 | Gravedad | 59 | 145 | 15,0 | 92 | Abastecimiento |
| El Vado | Jarama | 1954 | Gravedad | 69 | 178 | 55,7 | 260 | Abastecimiento |
| San Juan | Alberche | 1955 | Gravedad | 78 | 250 | 148,3 | 650 | Abast., riego, hidroel. |
| Riosequillo | Lozoya | 1956 | Gravedad | 56 | 1.060 | 50,0 | 326 | Abastecimiento |
| Pinilla | Lozoya | 1967 | Gravedad | 33 | 294 | 38,1 | 446 | Abastecimiento |
| Pedrezuela (El Vellón) | Guadalix | 1968 | Bóveda | 52 | 218 | 40,9 | 396 | Abastecimiento |
| Navalmedio | Navalmedio | 1969 | Gravedad | 41 | 395 | 0,7 | 7 | Abastecimiento |
| La Jarosa | La Jarosa | 1969 | Gravedad | 54 | 213 | 7,2 | 61 | Abastecimiento |
| Navacerrada | Samburiel | 1969 | Gravedad | 47 | 516 | 11,0 | 93 | Abastecimiento |
| El Pardo | Manzanares | 1970 | Tierra | 35 | 750 | 45,0 | 550 | Abast., regulación |
| Manzanares El Real | Manzanares | 1912-71 | Escollera | 40 | 1.355 | 91,2 | 1.044 | Abast., hidroel. |
| El Atazar | Lozoya | 1972 | Bóveda | 134 | 484 | 425,0 | 1.069 | Abastecimiento |
| Valmayor | Aulencia | 1976 | Escollera | 60 | 1.215 | 124,4 | 755 | Abastecimiento |
| Los Morales | Los Morales | 1988 | Gravedad | 28 | 201 | 2,3 | 32 | Abastecimiento |
| La Aceña | Aceña | 1989 | Gravedad | 67 | 340 | 23,7 | 115 | Abastecimiento |
| TOTAL | | | | | | 1153,9 | 6.324 | |

FUENTE: Confederación Hidrográfica del Tajo. Canal de Isabel II.

En 1950, la capacidad de embalse ascendía a algo más de 100 hm³. Entre 1950 y 1980 se construyeron 10 embalses más y se amplió el embalse de Manzanares el Real, por lo que la capacidad total de almacenamiento de agua en la cabecera aumentó hasta superar los 900 hm³.

Este crecimiento se produce al compás de la expansión urbana y demográfica de Madrid de los años cincuenta, sesenta y setenta que obliga a Canal a buscar nuevos recursos hídricos con los que abastecer a la aglomeración urbana, pues se va haciendo cargo del abastecimiento en las emergentes localidades metropolitanas, y posteriormente al resto de las entidades locales, accediendo en la actualidad a la práctica totalidad de los municipios de la Comunidad de Madrid (163 de los 179 existentes), a los que abastece el consumo de agua, lo que supone una población de 5.211.343 en 2001, es decir, el 96%, con un volumen de agua facturada en el mismo año de 433,9 hm³, de los cuales 243,6 hm³ fueron en el Municipio de Madrid.

Destacan por su cabida de volumen los embalses de Valmayor (124,4 hm³) y El Atazar (425,3 hm³), pues son los embalses mayores de todo el sistema, acumulando casi la mitad del acopio (Cuadro 2). Especial importancia tiene El Atazar en el Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II, su volumen de acopio representa el 40% de la capacidad total de almacenamiento de la Comunidad de Madrid. Retiene aguas del río Lozoya, próximo a su desembocadura en el Jarama, en las estribaciones meridionales de Somosierra a 800 m de altitud, sobre terrenos graníticos y metamórficos, su construcción se inició en 1965, y entró en servicio en 1972, la superficie del embalse (1.044 Ha) se extiende por los municipios de El Atazar, El Berrueco, Robledillo de la Jara, Cervera de Buitrago, Puentes Viejas, Patones. La presa de

hasta las zonas recreativas de uso social, donde se ubican instalaciones deportivas y recreativas.

El paisaje vegetal predominante es el encinar, con quejigos, rebollos y fresnos en las zonas más húmedas, sustituido en amplias extensiones por matorrales de jaras y plantas aromáticas y por repoblaciones de pinos. El Atazar es un área refugio para las aves acuáticas migratorias, y está incluido en el catálogo de humedales del Convenio de Ramsar. LIC Cuenca del Río Lozoya y Sierra Norte

La comarca que vierte sus aguas al embalse siempre ha tenido una baja densidad de población, dedicada preferentemente a actividades agrícolas y ganaderas.

Los embalses anteriores del Canal se completan con cuatro azudes o pequeñas presas de derivación, construidas en los ríos Lozoya, Guadalix, Sorbe y Guadarrama, cuya finalidad es derivar el agua para su posterior utilización (Cuadro 3).

| Cuadro 3. AZUD | RÍO | AÑO | ALT. (m) | Conducción a que da origen |
|-----------------------|------------|------------|-----------------|-----------------------------------|
| La Parra | Lozoya | 1904 | 5 | Canal de la Parra |
| El Mesto | Guadalix | 1906 | 4 | Canal de Guadalix |
| Pozo de los Ramos | Sorbe | 1972 | 30 | Canal del Sorbe |
| Las Nieves | Guadarrama | 1974 | 13 | Trasvase de las Nieves |

Existen, además, una serie de azudes en los ríos Jarama y Tajo (del Rey, Estremera, Buenamesón, La Aدهuela, Villaverde, etc.) cuya finalidad es la derivación de agua hacia canales de riego, destacan especialmente los de Valdajos y Embocador cuya construcción data de hace varios siglos (1530 y 1700 respectivamente). Otros azudes o pequeños embalses son los que existen en la zona central de la Sierra de Guadarrama, emplazados en pequeños valles y aprovechando los caudales de las cabeceras de ríos y arroyos su extensión y acopio es reducido, la función principal es el abastecimiento a localidades y urbanizaciones serranas, entre otros tenemos: Los Arroyos, Granjilla I, Granjilla II, El Batán, Las Lagunas, Los Irrios, Las Berceas, Gasco en la cabecera de la cuenca Aulencia-Guadarrama; Navalmedio, Almorchones, Maliciosa, La Barranca, El Mediano en la cabecera de la cuenca del Manzanares; Miraflores en el Guadalix.

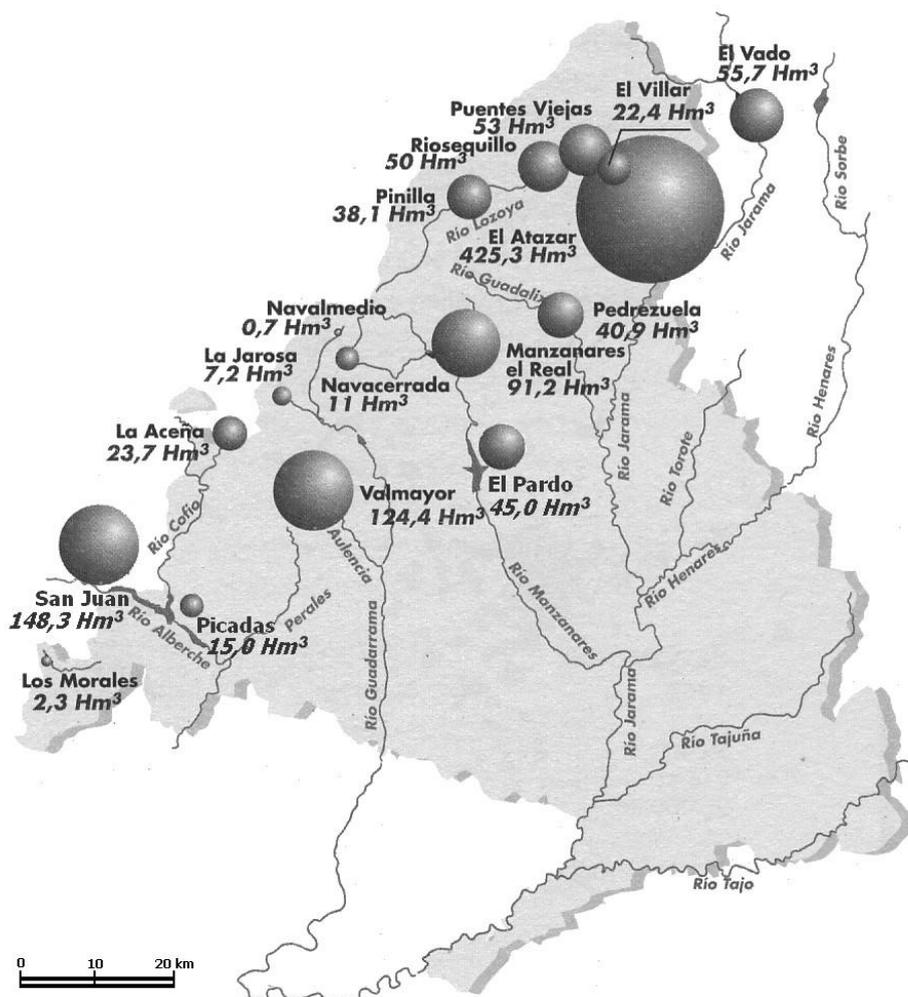
El conjunto de estos embalses y azudes se localizan la mayoría en el territorio regional, pero la extensión cuencas descriptas traspasan el ámbito de la Comunidad, lo que obliga que algunas infraestructuras (embalses, azudes, canales, trasvases conducciones, etc.) se emplazan total o parcialmente en las provincias colaterales de Guadalajara (El Vado) y Ávila (La Aceña y San Juan), que corresponden con las cuencas de los ríos Jarama y Cofio-Alberche.

En este sistema hidrológico, el río Lozoya sigue siendo el principal proveedor de agua acumulada a la aglomeración urbana, pues cuenta con cinco embalses en su cuenca (El Villar, Puentes Viejas, Riosequillo, Pinilla, El Atazar) con capacidad potencial de la mitad del acopio de agua en la Región, aunque en los últimos veinte años el volumen de agua embalsa a supuesto las dos terceras partes del sistema

de embalses del Canal de Isabel II (Memoria e Información Técnica del Canal de Isabel II).

El embalse de Manzanares El Real es producto de la iniciativa privada, cuya finalidad era la de generar energía hidroeléctrica, en 1905 se constituyó la Sociedad Anónima Hidráulica Santillana para la explotación del salto de agua de la presa Navallar en el río Manzanares, tuvo la iniciativa de construir en 1912 el embalse de Santilla (Manzanares El Real), que con una presa de 28 m de altura almacenaba 47 hm³. al objetivo de producir electricidad, se une también el de abastecer de agua a Madrid.

Mapa 3. CAPACIDAD DE ACOPIO DE LOS EMBALSES



FUENTE: Canal de Isabel II. Modificado.

Se construyeron los saltos de la Presa, Navallar y El Pardo, que producían una corriente de 15 kw, dando energía eléctrica con red propia a los núcleos de Colmenar Viejo, Fuencarral, El Pardo, Chamartín, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas y Pozuelo, y en Madrid a distintas instituciones como Palacio Real, Diputación Provincial, etc. Además, de abastecer de agua a la zona alta de Madrid.

En 1930 la Hidráulica es adquirida por Hidroeléctrica Española y Unión Eléctrica Madrileña potenciando la producción eléctrica, posteriormente por Decreto de 5 de febrero de 1965, el Canal de Isabel II compra a las mencionadas empresas su participación, alcanzando la Empresa Pública el 99,8 % del capital de la Hidráulica Santillana.

A partir de la adquisición pública, se realizan obras importantes para cambiar el uso principal del embalse del hidroeléctrico al abastecimiento de agua urbana, junto con un aumento del acopio del embalse, se construye una nueva Presa (1971) con 5 metros más de altura que la anterior, que duplica el volumen de agua embalsamada (91,2 hm³), además, de la Estación de Tratamiento de Agua, y un nuevo canal de Santillana. Se incorpora el río Manzanares al Sistema del Canal de Isabel II, proceso que se realiza con la *Ley 17/84, Reguladora del Abastecimiento y Sanearamiento de Agua en la Comunidad de Madrid*, concluyendo en 1991 con su integración total.

Por lo que respecta a los embalses de Picadas y San Juan construidos en los años 1952 y 1955 (respectivamente) en el río Alberche, son producto de la política hidrológica del franquismo, cuyo principal objetivo era la construcción de embalses para la generación hidroeléctrica y regadío. Posteriormente en los años sesenta, se plantea la posibilidad de utilizar esta infraestructura para el abastecimiento a Madrid desde la cuenca del Alberche, aunque el principal inconveniente que se presenta es el topográfico, por ser una cuenca distante y distinta a la aglomeración urbana, se resuelve el problema con estaciones de elevación y el correspondiente canal de transporte. La infraestructura necesaria entra en servicio en 1967, con las estaciones de elevación de Picadas y Colmenar del Arroyo I. La primera realiza una altura de elevación de 216 m con una potencia de 13.425 kw, dando un caudal de 3,8 m³/s, una de las mayores de las 18 que posee el Canal de Isabel II; en la segunda la altura de elevación es menor (100 m), con una potencia de 8.243 kw, y con el mismo caudal de elevación (3,8 m³/s); para ambas estaciones se construye el canal de Picadas con 49,2 km de longitud, que transporta el agua desde el Embalse de Picadas al Nudo de Majadahonda.

El periodo de sequía de principio de los noventa (otoño 1991, todo 1992 y hasta octubre de 1993) aconsejaron aumentar el caudal proveniente de la cuenca del Alberche, para prevenir situaciones catastróficas en el abastecimiento, se construye (1994) una conducción nueva (San Juan-Valmayor) de 35 km de longitud, con una capacidad de transporte de 6 m³/s que permite una aportación teórica máxima de 200 hm³ al año, debido a tener que superar un desnivel de casi 350 m, fue necesario dos estaciones de elevación, San Juan (190 m de elevación, 19 Kw de potencia y 6 m³/s de caudal, la mayor de las 18 que posee el Canal); y Colmenar del Arroyo II (130 m de elevación, 13 Kw de potencia y 6 m³/s de caudal), lo que supuso la integración de estos embalses en el Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II, aun-

que su gestión sigue dependiendo de la Confederación Hidrográfica del Tajo, pues mantienen la generación eléctrica, el regadío (en menor medida) y el abastecimiento a La Sagra, Torrijos y Toledo y su entorno, lo mismo que los embalses del Charco del Cura (1931) y del Burguillo (1913) emplazados consecutivamente a 5 km aguas arriba del embalse de San Juan en la provincia de Ávila, que poseen una mayor entidad de embalsamiento (especialmente en el segundo, 208 hm³), que aunque su uso es generación hidroeléctrica y riegos, sirven de reguladores para los anteriores, constituyen el conjunto hidrológico del Alberche.

El embalse de El Pardo su construcción se debe a la regulación de caudal del río Manzanares y el abastecimiento de agua a Madrid, su gestión depende de la Confederación Hidrográfica del Tajo, por lo que no está directamente incluido en el Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II.

Destaca también la Mancomunidad del Sorbe, que tiene su origen en los proyectos de abastecimiento a Alcalá de Henares de los años cuarenta, posteriormente se incluyen los núcleos próximos al Canal del Henares, aunque se desarrolla formalmente en el «Proyecto de Abastecimiento de Agua a Guadalajara y pueblos de la zona regable del canal del Henares». Las infraestructuras con las que cuenta es el embalse de Beleña de 50 Hm³ de capacidad y la conducción hasta los municipios referidos, además, del Canal del Henares. Abastece en la actualidad a una población que supera los 300.000 habitantes (Alcalá de Henares 188.519 en 2003), en fase de crecimiento y expansión en población y actividad, debido al gran desarrollo que se está produciendo en la parte baja del Corredor del Henares.

La producción hidroeléctrica en la Comunidad de Madrid es producto de aprovechar las instalaciones de las presas y pontones del Canal de Isabel II, instalando pequeñas centrales que aseguran el propio consumo energético al Canal, a la vez que permite vender los excedentes a las compañías eléctricas, la producción es muy reducida (15,1 GWh en 1997). En su origen la Central de Navallar fue la primera que suministró energía hidroeléctrica a Madrid, inaugurada en 1900, fue reformada en 1956, corresponde con una minicentral instalada con conducciones propias, la misma infraestructura la posee la Central de Torrelaguna, que aprovechan el desnivel existente entre los diferentes depósitos (Cuadro 4).

Cuadro 4. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DEL CANAL DE ISABEL II

| | Caudal (m ³ /s) | Salto máx. (m) | Potencia (KW) | Energía 1997 (GWh) |
|----------------|----------------------------|----------------|---------------|--------------------|
| Navallar | 4,0 | 93,5 | 3.600 | 8,7 |
| Pinilla | 10,0 | 27,8 | 2.320 | 8,3 |
| Riosequillo | 18,0 | 49,0 | 7.200 | 22,5 |
| Puentes Viejas | 18,0 | 50,5 | 7.200 | 30,0 |
| El Villar | 17,0 | 42,0 | 5.680 | 20,0 |
| El Atazar | 15,0 | 68,5 | 8.640 | 44,5 |
| Torrelaguna | 3,5 | 157,4 | 4.560 | 18,1 |
| TOTAL | | | 39.200 | 152,1 |

Fuente: Canal de Isabel II. 1998.

Diferente es el caso de los embalses de Picadas y San Juan, cuya generación hidroeléctrica sigue siendo destacada, a la que hay que añadir la producida por los

embalses del Burguillo y Charco del Cura, regulada por la concesionaria eléctrica Unión Fenosa (Cuadro 5).

| Cuadro 5. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DEL RÍO ALBERCHE | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | Capacidad (Hm³) | Salto máx. (m) | Potencia (MW) | Concesionario |
| Burguillo | 178 | 81,6 | 49 | Unión Fenosa |
| Charco del Cura | 2 | 67,5 | 16 | Unión Fenosa |
| San Juan | 148 | 78,0 | 33 | Unión Fenosa |
| Picadas | 15 | 59,0 | 20 | Unión Fenosa |
| TOTAL | | | 118 | |

Fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo.

Tenemos que considerar, además, las infraestructuras (conducciones, estaciones de tratamiento, depósitos reguladores, estaciones de elevación) que completan la calidad y cantidad del abastecimiento y la distribución del agua a la extensa aglomeración urbana madrileña:

- Conducciones de aguas, que constituye una densa red de tuberías que constituyen trasvases, canales, arterias y uniones intercomunicando las distintas cuencas que existen en la Región de Madrid (Jarama, Guadarrama y Alberche), e infraestructuras del Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II, con los que accede el abastecimiento a la mayoría de los municipios de la Comunidad. A estas habría que añadir las acometidas domiciliarias o industriales, que enlazan la red de distribución general del Canal con la instalación interior de fontanería. La red de conducción comenzó a construirse con el propio Canal, en 1858 entra en servicio el Canal Bajo de 58 km de longitud. Actualmente cuenta con 22 grandes conducciones (Cuadro 4), que llevan el agua bruta desde los embalses, hasta las plantas de tratamiento y de aquí a los depósitos de almacenamiento (reguladores), se trata, por tanto, de conducciones con gran capacidad de transporte de agua, y en algunos casos de gran longitud, con una extensión de 532 km, pero en realidad suponen 10.584 km de tuberías, con diámetros que oscilan entre 40 y 2.000 mm. De estas grandes conducciones destaca la arteria principal del Sistema Hidrológico, formada por los canales Bajo, Alto y Atazar, con un recorrido aproximado de 60 km, conectan los embalses del río Lozoya con los depósitos reguladores y estaciones de elevación de Madrid (Cuadro 6).

1. Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) o potabilizadoras son las instalaciones que convierten el agua natural o bruta en agua potable, mediante una serie de procesos encadenados, dependientes de las peculiaridades de las aguas a potabilizar, los más usuales son: preoxidación, coagulación y floculación, decantación, filtración sobre arena, neutralización y desinfección final. Tienen como función principal la eliminación de las sustancias no admisibles en el agua destinada al consumo humano (materia mineral; materiales orgánicos como fenoles, hidrocarburos, detergentes, residuos de pesticidas,

etc.; contaminantes biológicos o microorganismos, como bacterias, protozoos, virus, etc.). El suministro de agua estuvo sin tratamiento alguno hasta los años 50, pues cumplían las normas que se referían a «transparencia-cristalinidad», a partir de entonces se añadía cloro como desinfectante, y en 1967 entra en servicio primera estación potabilizadora (Torrelaguna), como consecuencia de los vertidos contaminantes y el inicio de los procesos de eutrofización de las aguas embalsadas. La calidad esta regulada por el *Reglamentación Técnico-Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público (Real Decreto 1138/90 de 14 de Septiembre)*, recogiendo lo estipulado por la *Directiva 80/778/CEE* de la Unión Europea. La potabilidad del agua se comprueba mediante análisis tanto en las propias plantas como en la red de distribución. Se emplazan entre las instalaciones de captación de agua (embalses y pozos) y los depósitos y canalizaciones de la red que distribuirán para el consumo. En la actualidad cuenta el Canal de Isabel II con 12 ETPA, con una capacidad máxima de tratamiento de 3,752 hm³ por día (Cuadro 7), en el año 2003 el volumen de agua tratada para el suministro fue de 607,47 hm³.

Cuadro 6. GRANDES CONDUCCIONES EN EL SISTEMA HIDROLÓGICO DEL CANAL DE ISABEL II

| DENOMINACIÓN | FECHA DE ENTRADA EN SERVICIO | LONG. (km) | CAP. (m ³ /s) | ORIGEN | FINAL |
|---|------------------------------|------------|--------------------------|---------------------------------------|---|
| Canal Bajo | 1858 | 58,1 | 4,0 | Depósito Inferior (Nudo Calerizas) | 3 ^{er} depósito Islas Filipinas |
| Canal de La Parra | 1904 | 23,7 | 3,0 | Azud de La Parra | Canal Bajo |
| Canal de Guadalix | 1906 | 3,7 | 4,0 | Azud del Mesto | Canal Bajo |
| Canal de Santillana | 1912 | 36,0 | 4,5 | Presa Manzanares | Depósito de El Olivar |
| Canal del Villar | 1912 | 16,7 | 8,0 | Presa de El Villar | Depósito superior (Nudo Calerizas) |
| Canal Alto | 1940 | 56,0 | 6,0 | Depósito Superior (Nudo Calerizas) | 4 ^o depósito Pza. Castilla |
| Canal del Este | 1945 | 13,7 | 3,2 | Nudo de El Olivar | 6 ^o depósito Vallecas |
| Canal del Jarama | 1960 | 34,4 | 8,0 | Presa del Vado | Depósito superior (Nudo Calerizas) |
| Unión entre Depósitos Pza. Castilla-Bravo Murillo | 1952-1966 | 3,7 | 6,5 | 4 ^o depósito Pza. Castilla | 2 ^o y 3 ^o depósitos Bravo Murillo e Islas Filipinas |
| Canal del Atazar | 1966-1970 | 65,4 | 16,0 | Presa de El Atazar | 4 ^o depósito Pza. Castilla |
| Canal de Picadas | 1967 | 49,2 | 3,8 | Elevadora de Picadas (E. Picadas) | Nudo de Majadahonda |
| Canal del Oeste | 1968 | 30,7 | 3,0 | 9 ^o depósito El Goloso | 11 ^o depósito-Retamares |
| Canal del Vellón | 1968 | 6,7 | 8,0 | Presa de Pedrezuela | Canal de El Atazar |
| Arteria Cintura Sur | 1969-1985 | 21,5 | 6,0 | Arteria Principal del Este | Arteria Majadahonda-Retamares |
| Trasvase Navalmedio-Navacerrada | 1969 | 4,5 | 5,8 | Presa de Navalmedio | Embalse de Navacerrada |
| Canal del Sorbe | 1971 | 9,3 | 8,0 | Azud Pozo de los Ramos | Canal de El Jarama |
| Arteria Majadahonda-Retamares | 1973-1985 | 14,0 | 6,0 | Nudo de Majadahonda | Arteria Cintura Sur |
| Arteria Principal del Este | 1973 | 17,1 | 6,0 | Nudo de El Olivar | Arteria Cintura Sur |
| Canal de Valmayor | 1976 | 17,4 | 6,0 | Presa de Valmayor | Nudo de Majadahonda |
| Trasvase de Las Nieves | 1976 | 5,1 | 30,0 | Azud de Las Nieves | Embalse de Valmayor |
| Trasvase La Aceña-La Jarosa | 1991 | 10,2 | 10,0 | Presa de La Aceña | Embalse de La Jarosa |
| Trasvase San Juan-Valmayor | 1993 | 35,0 | 6,0 | Presa de San Juan | Embalse de Valmayor |

FUENTE: Canal de Isabel II.

532,1

- Depósitos reguladores son recintos subterráneos impermeabilizados y cerrados en donde se acumula el agua que se distribuye a la población a través de la red fina, el Canal cuenta con 22 depósitos distribuidos por todo el Sistema Hidrológico con una capacidad total de 2,7 hm³ y una superficie conjunta de 42 ha. El principal emplazamiento es por los distritos del municipio madrileño, el primero fue construido en 1879 (Bravo Murillo), a mediados del siglo XX existían los de Islas Filipinas (1915), Valdelatas (1915), El Olivar (1919),

Plaza de Castilla (1940), Hortaleza (1962), San Blas (1965), Vallecas (1967), etc., a medida que el abastecimiento fue extendiéndose por todas las localidades de la Comunidad y el Sistema Hidrológico se hizo más complejo, fue necesario la construcción de este tipo de instalaciones por toda la red del Canal.

Cuadro 7. ESTACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (ETAP)

| DENOMINACIÓN | AÑO | CAP. (m ³ /día) | CAP. (m ³ /s) |
|--------------------------|------|----------------------------|--------------------------|
| Torrelaguna | 1967 | 520.000 | 6,0 |
| Majadahonda | 1967 | 330.000 | 3,8 |
| El Bodonal | 1969 | 345.000 | 4,0 |
| Navacerrada | 1969 | 85.000 | 1,0 |
| La Jarosa | 1969 | 130.000 | 1,5 |
| Santillana | 1972 | 345.000 | 4,0 |
| Colmenar | 1976 | 1.380.000 | 16,0 |
| Valmayor | 1976 | 520.000 | 6,0 |
| Rozas de Puerto Real | 1988 | 15.000 | 0,175 |
| Pinilla | 1992 | 36.000 | 0,416 |
| San Agustín del Guadalix | 1992 | 3.500 | 0,040 |
| La Aceña | 2000 | 43.000 | 0,500 |
| Total | | 3.752.500 | |

Fuente: Canal de Isabel II.

- Estaciones de elevación tienen como misión elevar el agua a una cota superior para poder comunicar las distintas cuencas y las diferencias topográficas en el Sistema Hidrológico además de facilitar la distribución, se dispone de 18 estaciones de elevación, las primeras tuvieron como misión trasvasar el agua del Alberche al Canal (1967), aunque en el Área Metropolitana existen en la actualidad un total de 8 estaciones para poder hacer una distribución homogénea en la extensa aglomeración urbana.

Las aguas subterráneas en la Región de Madrid, suponen aproximadamente un tercio de los recursos hídricos totales, aunque su contribución en el abastecimiento de agua a la población resulta pequeño, pero son vitales pues cumplen tres funciones muy importantes:

- garantizar el abastecimiento a los núcleos urbanos en períodos de sequía, al servir como fuente complementaria a la mermada agua acopiada en los embalses en esos momentos, dichos períodos de sequía se producen en una media de un año cada cuatro o cinco, de forma que el acuífero puede recuperarse en ese ciclo y así garantizar su sostenibilidad;
- son una fuente alternativa en el suministro en los momentos críticos ante incidencias en el sistema de distribución, como averías o cortes breves en el suministro de algunas zonas;
- es el principal sistema de acopio de localidades o entidades de población reducidas o aisladas, a las cuales el Canal de Isabel II no accede, en este mismo

caso, también habría que incluir, el suministro a particulares que realizan para consumo propio con uso muy variado y distinto (industrial, regadío agrícola, regadío urbano, sanitario, etc.).

Con esta premisas se identifican un sistema general de captación por parte del Canal de Isabel II, que vierte lo recogido a la red, con un importante caudal y profundidad; y un conjunto de sistemas locales de menor caudal y profundidad, que sólo vierten a depósitos municipales y particulares. Su valoración debe de calificarse de estratégica más que estructural en el Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II.

El agua de los acuíferos discurre por formaciones de naturaleza geológicas diversa, El Plan Hidrológico del Tajo (*Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio*) establece una división de los acuíferos, estos quedan divididos en trece Unidades Hidrogeológicas (UH), de las cuales la Comunidad de Madrid participa en cuatro: UH 03 Torrelaguna-Jadraque, UH 04 Guadalajara, UH 05 Madrid-Talavera y UH 06 La Alcarria, quedando fuera, la mayor parte de la Sierra y los tramos bajos del Jarama, Manzanares y el Tajo a su paso por la Comunidad. El resto del territorio, constituido por múltiples acuíferos de interés local o de baja transmisividad y almacenamiento, y dispersos por la cuenca, se reúnen bajo la denominación de «99» (Plan Hidrológico del Tajo), según la configuración fisiográfica regional, esto determina distintos acuíferos atendiendo a los componentes litológicos:

- El acuífero detrítico del terciario esta constituido por arenas englobadas en una matriz limo-arcillosa. Localizado bajo la campiña madrileña, se extiende por 2.600 km² y posee un espesor puede variar de unos centenares de metros a superar los 3.000 m (en la vertical de las Rozas-El Pardo), y un potencial aproximado de 3 millones de hm³. Está englobado en la UH 05 y constituye el principal acuífero de la Comunidad. La calidad del agua es buena, si bien presenta variaciones tanto en superficie como en profundidad, por su baja permeabilidad es menos vulnerable a la contaminación. Aporta un importante volumen al Canal de Isabel II (unos 2500 l/s.) por los diversos sondeos existentes.
- El acuífero margo-yesífero del terciario formado por los materiales miocenos de las facies evaporíticas situados al sur y sureste de la región y los paleógenos que adosados a las calizas mesozoicas afloran en los alrededores de Torrelaguna. Su extensión en conjunto es de unos 800 km². Esta englobado bajo la denominación «99». Los recursos hídricos no son utilizables y puede prescindirse de ellos por la mala calidad natural, debido gran contenido en sales solubles procedentes de la disolución de los yesos.
- El acuífero de los depósitos cuaternarios, su principal formación son las terrazas fluviales formadas por depósitos aluviales de gravas, arenas y limos. Localizado en las vegas de los principales ríos madrileños, con aproximadamente 1.350 km². Su espesor rara vez alcanza los 10 m, excepto en el río Jarama, donde puede llegar a superar los 40 m. Está englobado bajo la denominación «99». Es un acuífero conectado con los cursos de los ríos en los que descarga su potencia. Están en contacto con los acuíferos terciarios de los

cuales reciben una recarga desde el fondo que, a su vez, transmiten al río. Presentan un nivel freático alto, al que hay que añadir las filtraciones de riego. Tradicionalmente ha sido el recurso hídrico en el regadío de las vegas. Especialmente sensible a la contaminación, su calidad depende de los materiales infrayacentes, los depósitos aluviales y del agua del río, por lo que resulta muy variable.

- El acuífero de las calizas terciarias o del páramo que forma un banco horizontal con potencia de 20 a 50 m, en el sureste de la Región que se identifica con la Alcarria madrileña. Es un acuífero heterogéneo, fragmentado en dos subunidades o acuíferos independientes: la Alcarria de Alcalá al norte (450 km²) y la de Chinchón al sur (150 km²), de escaso espesor saturado y colgados, ya que los ríos que lo cruzan y limitan Tajuña Henares y Tajo, han excavado profundos valles hasta llegar a los materiales impermeables infrayacentes. Está englobado en la UH 04. El acuífero se recarga por infiltración de las precipitaciones, y la descarga natural se realiza a través de los manantiales que rodean los páramos, que van a parar a los ríos, es el Tajuña el principal colector de descarga del acuífero. La calidad de sus aguas está determinado por el carácter bicarbonatado cálcico por la influencia de los materiales evaporíticos situados en su base, en general, aceptable. Es vulnerable a la contaminación. Los recursos de este acuífero han atendido tradicionalmente a pequeñas demandas locales.
- El acuífero de las calizas cretácicas localizado en pequeñas zonas en disposición longitudinal en el borde de la Sierra con una extensión pequeña, la de mayor tamaño (75 km²) está en la zona de Torrelaguna, poseen una profundidad de varios centenares de metros, su recarga se produce directamente de las precipitaciones serranas por lo que está bien alimentado. La calidad de estas aguas para usos domésticos es aceptable (bicarbonatadas cálcicas), presentan una elevada vulnerabilidad a la contaminación, con un importante peligro bacteriológico por su nula capacidad filtrante.
- El acuífero serrano está formado por un conjunto de materiales graníticos, neisíticos y paleozoicos que se extienden por una ancha banda longitudinal en el lado Occidental de la Comunidad, con una extensión de unos 2.700 km². Esta englobado bajo la denominación «99». Dada su baja permeabilidad tienen una capacidad muy reducida.

La localización de los campos de pozos para la captación de agua subterránea se establece en la franja situada entre la Sierra y el Sureste regional, se trata del acuífero detrítico (UH 05), en ella se emplazan la mayoría de los pozos del Canal de Isabel II, con 5 grandes captaciones o campos: Canal Alto-Canal Bajo con 18 pozos, Fuencarral con 9, Zona Oeste con 12, Batres-Móstoles con 13, Torrelaguna con 7, en total 56 pozos operativos y un aporte hídrico conjunto entre 63 a 79 hm³/año. Además de los locales con 20 pozos estratégicos, en donde, están implicados 8 municipios, y una captación total entre 4,7 a 12 hm³/año según las circunstancias.

El volumen de captación de agua subterránea en 2002 por el Canal fue de 59.6 hm³ (CANAL DE ISABEL II).

El futuro de las aguas subterráneas es un mayor volumen de aportación al abastecimiento urbano, pues está en fase de ejecución un nuevo campo de pozos con 26 extracciones en la margen derecha del río Guadarrama, en el eje Villanueva del Pardillo a Navalcarnero, con unas previsiones de acopio de 30 hm³/año, además, de ampliar el volumen de aportación de los campos de pozos existentes con nueva tecnología, que permita extraer mayores caudales, aproximadamente unos 20 hm³/año más.

En el ángulo sureste de la Comunidad no hay campos de pozos, al coincidir éste con materiales evaporíticos (yesos y calizas) de malas características para la extracción de aguas subterráneas. Los materiales graníticos que ocupan casi toda el área de la sierra carecen en la práctica de posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas, tan sólo en el fondo del valle del Lozoya, de materiales cretácicos (calizas), existen algunos sistemas locales de pozos.

4. PROTECCIÓN DE ELEMENTOS HIDROLÓGICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Las transferencias medioambientales a las CC.AA. obligó al Estado al actual marco normativo de 1989 y 1997 (Ley de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres), que establece la gestión en la correspondiente CC.AA. Además, cada Autonomía ha desarrollado su propia legislación medioambiental y del patrimonio natural, en la se incluye la protección y preservación del medio, atendiendo a criterios singulares del marco territorial autonómico, de la legislación nacional y principios de convenios internaciones y directivas europeas

El concepto de patrimonio natural incluye los parajes fisiográficos, ámbitos y elementos de gran singularidad por su paisaje, hábitats naturales, ecosistemas representativos, reductos de fauna o flora y formas geológicas del alto interés. Además de los valores intrínsecos que de por sí califican determinadas áreas como espacios naturales o enclaves singulares, se considera también su valor como recurso científico o educativo, por lo que es preciso dotarlos de una infraestructura acorde con las posibilidades de dichos usos y actividades. Entre estos conceptos destacamos los hábitats naturales como *zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, tanto si son enteramente naturales como seminaturales (R.D. 1997/1995, de 7 de diciembre)*.

El caso de la Comunidad de Madrid es bastante singular en el contexto de las CC. AA. por su trayectoria compleja y polémica. A pesar de no haber promulgado una ley específica de espacios naturales protegidos, es decir, no dispone de legislación propia en materia de definición de espacios naturales, pero si tiene el desarrollo normativo en la protección de fauna y flora: *Ley 2/1991 de Protección y Regulación de la Fauna y Flora Silvestres*, es por otra parte, el principal instrumento legal propio con que cuenta la Comunidad de Madrid para la protección de especies

y hábitat naturales como explicita en el Preámbulo: *La Ley pretende recoger todos los principios de respeto, defensa y protección tanto de las especies vegetales como animales silvestres que ya figuran en los Tratados y Convenios Internacionales y en las legislaciones de los países socialmente más avanzados.*

Los distintos espacios protegidos que componen la red madrileña se han basado, con carácter general, en la regulación y figuras establecidas por la Ley estatal de 1989, junto con la incorporación de alguna categoría propia como el Parque Regional, que es la figura más utilizada por los ejecutivos regionales en la protección de áreas naturales de la Región, e incluso el mantenimiento de otras correspondientes a normas ya derogadas (Paraje Pintoresco, Sitio Natural de Interés Nacional...).

En la actualidad existen en la Comunidad de Madrid diez espacios naturales protegidos gestionados por la Consejería de Medio Ambiente, agrupados en ocho figuras de protección diferentes, que ocupan un 13% de la superficie total. La figura legal principal que ampara a cada uno de los espacios varía según sus características y los valores que los hicieron merecedores de la calificación considerada, además, en cada uno de estos espacios se superpone otra figura de protección que la completa.

Los elementos hidrográficos se ajustan al concepto de patrimonio natural por poseer una rica biodiversidad requerida, la singularidad paisajista enunciada y constituir hábitat naturales propios, este hecho se manifiesta por la normativa regional, nacional e internacional la preservación de ámbitos hidrográficos singulares o territoriales, además, de garantizar los caudales *para las necesidades y requerimientos para la conservación y restauración de los espacios naturales en ella existentes, y en particular de las zonas húmedas (Ley /1989, de 27 de marzo. Art. 9º.2)*, así pues, se contempla en ellos la conservación y protección como espacios naturales o singulares que forman parte del patrimonio de la Región, como son los casos del Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara, Reserva Natural del Regajal-Mar de Ontígola, Refugio de Fauna de la Laguna de San Juan. Pero las principales amenazas que aparecen en la Región de Madrid corresponden con la acción antrópica, y por lo tanto la relación de la actividad con el medio: urbanística, industrial, uso público, actividades extractivas e infraestructuras, ante éstas son varias las propuestas regionales, pero destaca la interconexión de los espacios naturales por medio de corredores, configurados a través de las cuencas y cursos de los ríos regionales: Parques Regionales de la Cuenca Alta del río Manzanares, Cursos Bajos de los ríos Manzanares y Jarama (Sureste), del Curso Medio del río Guadarrama y su entorno.

La consolidación y antigüedad de los embalses, elementos más extensos del Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II, han producido parajes con una gran riqueza natural y biodiversidad, que ha obligado a las autoridades regionales, competentes en esta materia, a una protección con distintos niveles y valoraciones como elementos singulares, o integrados en figuras territoriales protegidas (parque regional). Pero no solo han sido elementos hidrológicos del Canal, los que han tenido una protección por ser ámbitos de una gran biodiversidad, también parajes hidrográficos

de regulación del mismo, se hace referencia a los usos de las demandas de agua, el interés piscícola y la existencia de índices biológicos aceptables.

Estas últimas cualidades se establece según la *Directiva 92/43/CEE*, normativa europea en la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, conocida como *Directiva de Hábitats*, define unos criterios de protección por su riqueza faunística (también fluvial), para lo cual se determinan las medidas y criterios que permitan garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales descriptos y de la flora y fauna silvestres existentes de los ámbitos definidos. Especifica que cada Estado miembro contribuirá a la constitución de una red ecológica europea de Zonas Especiales de Conservación (ZEC), que integrará la Red Natura 2000. El propósito de esta Red es capacitar a la Unión Europea y los Estados que la integran criterios homogéneos, para el mantenimiento o restauración de un estado de conservación favorable para los tipos de hábitats naturales y los hábitats de las especies, algunos de los cuales tienen el carácter de transfronterizo entre varios estados o regiones, de gran valor por ser fruto de la aplicación del principio europeo de cooperación e integración. A su vez, estos espacios son definidos como Lugares de Interés Comunitario (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) *Directiva 79/409/CEE* (modificada posteriormente en siete ocasiones), estas figuras y niveles de protección de áreas naturales protegidas constituyen en su conjunto la Red Natura 2000.

La Directiva Hábitats fue transpuesta a nuestro ordenamiento por *Real Decreto 1997/1995 de 7 de diciembre*, por el que se establecen las medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres (Modificada por *Real Decreto 1193/1998*). La lista inicial de Lugares de Interés Comunitario fue aprobada por el Gobierno de la Comunidad de Madrid en enero de 1998, compuesta por siete LIC, lo que supuso proteger una superficie total de 320.043 Ha, es decir, el 40% de la superficie regional. Estos espacios fueron definidos por el carácter hidrográfico (cuencas y vegas), por ser el elemento territorial más adecuado para la conservación de los hábitats y la biodiversidad, existente en las riberas de los ríos regionales y su entorno, constituyen uno de los principales elementos estructurales del paisaje.

Cuadro 8. CATÁLOGO DE LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO EN LA REGIÓN DE MADRID

| LIC | Código LIC | Ha | % C.A.M. |
|--------------------------------------|----------------|---------|----------|
| Cuencas de los ríos Jarama y Henares | LIC ES 3110001 | 36.123 | 4,50 |
| Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte | LIC ES 3110002 | 49.900 | 6,21 |
| Cuenca del río Guadalix | LIC ES 3110003 | 2.467 | 0,31 |
| Cuenca del río Manzanares | LIC ES 3110004 | 63.305 | 7,88 |
| Cuenca del río Guadarrama | LIC ES 3110005 | 34.100 | 4,24 |
| Vegas, cuevas y páramos del Sureste | LIC ES 3110006 | 51.167 | 6,37 |
| Cuencas de los ríos Alberche y Cofio | LIC ES 3110007 | 82.981 | 10,33 |
| Superficie Total LIC | | 320.043 | 39,86 |

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Comunidad de Madrid.

Interés tiene también el Catálogo de las Zonas de Especial Protección para las Aves en la Región de Madrid, que supone 23% del territorio regional con áreas muy dispares, en donde, también destacan espacios hidrográficos que constituyen ámbitos de especies singulares como son: los encinares de los ríos Alberche y Cofio con el águila imperial ibérica, el buitre leonado, el buitre negro, la águila perdicera y el búho real; los cortados y cantiles de los ríos Jarama y Manzanares con la avutarda; los carrizales y sotos de Aranjuez con el aguilucho cenizo y pálido y la avutarda; el Alto Lozoya con el buitre negro y la águila imperial ibérica.

Los embalses y humedades tuvieron la mayoría de ellos un origen antrópico, su posterior desarrollo ecológico y ambiental han hecho conveniente que fueran valorados como espacios naturales protegidos en la Comunidad de Madrid, recogido en la *Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas*, por lo tanto, no sólo se encuentran protegidos, sino también reguladas todas las actuaciones que pudieran afectar a su conservación mediante los instrumentos de planificación y gestión de dichos espacios atendiendo a las oportunidades ecológicas, naturales y recreativas, compatibles con el uso primario a que se destina o ha de destinarse de acuerdo con las prioridades que establezca el Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo. Lo mismo que las calidades y cantidades el agua, los programas de explotación, en el marco del Plan Hidrológico.

| Cuadro 9. CATÁLOGO DE PROTECCIÓN DE EMBASES EN LA COMUNIDAD DE MADRID | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|-----------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--|
| Embalse | Término Municipal | Cuenca | Lámina de agua | Zona de influencia | Total Has | Zona de protección | |
| 1 | Pinilla | Lozoya del Valle - Pinilla del Valle | Lozoya | 446 | 773 | 1.219 | LIC Cuenca del Río Lozoya y Sierra Norte |
| 2 | Riosequillo | Buitrago de Lozoya - Garganta de los Montes - Gargantilla de Lozoya | Lozoya | 326 | 1.140 | 1.466 | LIC Cuenca del Río Lozoya y Sierra Norte |
| 3 | Puentes Viejas | Piñuécar - Buitrago de Lozoya - Madarcos - Puentes Viejas | Lozoya | 292 | 1.997 | 2.289 | LIC Cuenca del Río Lozoya y Sierra Norte |
| 4 | El Villar | Berzosa de Lozoya - Puentes Viejas - Robledillo de la Jara | Lozoya | 136 | 926 | 1.062 | LIC Cuenca del Río Lozoya y Sierra Norte |
| 5 | El Atazar | El Berrueco - Robledillo de la Jara - El Atazar - Cervera de Buitrago - Puentes Viejas - Patones | Lozoya | 1.069 | 2.702 | 3.771 | LIC Cuenca del Río Lozoya y Sierra Norte |
| 6 | Pedrezuela | Guadalix de la Sierra - Pedrezuela - Venturada | Guadalix | 415 | 2.095 | 2.510 | LIC Cuenca del río Guadalix |
| 7 | Manzanares El Real | Manzanares El Real - Soto del Real | Manzanares | 1.200 | | 1.200 | Parque Regional Cuenca Alta del Manzanares y LIC Cuenca del río Manzanares |
| 8 | Navacerrada | Navacerrada | Manzanares | 93 | 258 | 351 | |
| 9 | La Jarosa | Guadarrama | Guadarrama | 61 | 292 | 353 | Incluida parcialmente, zona de influencia: LIC Cuenca del río Guadarrama |
| 10 | El Pardo | Madrid | Manzanares | 337 | | 337 | ZEPA Montes de El Pardo |
| 11 | Los Arroyos | El Escorial | Aulencia | 12 | 51 | 63 | Incluida parcialmente, zona de influencia: LIC Cuenca del río Guadarrama |
| 12 | Valmayor | El Escorial - Valdemorillo - Colmenarejo - Galapagar | Aulencia-Guadarrama | 755 | 897 | 1.652 | Parque Regional curso medio del río Guadarrama y su entorno |
| 13 | San Juan | San Martín de Valdeiglesias - Pelayos de la Presa | Alberche | 650 | | 650 | ZEPA Encinares de los ríos Alberche y Cofio, LIC Cuenca de los ríos Alberche y Cofio |
| 14 | Picadas | Navas del Rey - San Martín de Valdeiglesias | Alberche | 92 | 1.089 | 1.181 | ZEPA Encinares de los ríos Alberche y Cofio, LIC Cuenca de los ríos Alberche y Cofio |

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Comunidad de Madrid.

El desarrollo de la ley obliga a la elaboración de un Catálogo de Embalses y Humedales (Mapa 4), publicado en 1991 recoge el listado 14 embalses (Cuadro 9) y 15 humedales, ampliado este último en 2004 a un total de 23 humedales situados en distintos puntos de la Región (Cuadro 10).

| Cuadro 10. CATÁLOGO DE HUMEDALES EN LA COMUNIDAD DE MADRID | | | | | | | |
|--|---|-------------------------|------------|-------|-----------|---|---|
| Mapa 4 | Humedal | Municipio | Subcuenca | Has | Alt. | Relevancia | Otra figura de protección |
| XII | Laguna de las Esteras | Colmenar de la Oreja | | 5,71 | 570 | Faunística | — |
| XV | Humedal del Carrizal de Villamejor | | | 36,98 | 473 | Faunística y Botánica | ZEPA Carrizales y Sotos de Aranjuez. LIC Vegas, cuestras y páramos del Sureste. |
| XIV | Soto del Lugar | | Tajo | 22,29 | 480 | Faunística | Reserva Natural El Regajal-Mar de Ontigola. ZEPA Carrizales y Sotos de Aranjuez. LIC Vegas, cuestras y páramos del Sureste. |
| XIII | Mar de Ontigola | Aranjuez | | 8,61 | 546 | Faunística e Histórica | Parque Regional de los Cursos Bajos de los ríos Manzanares y Jarama (Sureste). ZEPA Cortados y cantiles de los ríos Jarama y Manzanares. LIC Vegas, cuestras y páramos del Sureste. |
| XVI | Laguna de Soto de las Cuevas | | | 11,40 | 490 | Científica Faunística y Botánica | — |
| XVII | Lagunas de Soto Mozanaque | Algete | | 8,11 | 620 | Faunística e histórica | — |
| III | Lagunas de Belvis | Paracuellos del Jarama | | 3,89 | 584 | Faunística | LIC Cuenca de los ríos Jarama y Henares. |
| XI | Lagunas de Ciempozuelos | Ciempozuelos | Jarama | 15,94 | 500 | Faunística y Paisajística | |
| V | Lagunas de Velilla | | | 18,49 | 534 | Faunística y Geológica | |
| XVIII | Lagunas de Sotillo y Picón de los Conejos | Velilla de San Antonio | | 46,99 | 542 | Faunística y Botánica | |
| VII | Lagunas de las Madres | Arganda del Rey | | 12,18 | 525 | Paisajística y Recreativa | Parque Regional de los Cursos Bajos de los ríos Manzanares y Jarama (Sureste). |
| VI | Laguna de Campillo | Rivas-Vaciamadrid | | 48,55 | 527 | Faunística y Geológica | ZEPA Cortados y cantiles de los ríos Jarama y Manzanares. |
| XIX | Laguna de Soto de las Juntas | Rivas-Vaciamadrid | | 9,91 | 525 | Científica, Faunística y Botánica | |
| XX | Lagunas de Cerro Gordo | San Fernando de Henares | | 3,71 | 555 | Faunística y Botánica | |
| IV | Lagunas de la Presa del río Henares | Mejorada del Campo | Henares | 7,22 | 552 | Faunística y Recreativa | |
| XXI | Lagunas de Horna | Getafe | | 1,24 | 578 | Científica y Educativa | — |
| XXII | Charcas de los Camorochos | Hoyo de Manzanares | Manzanares | 0,20 | 945 | Faunística y Botánica | Parque Regional de la Cuenca Alta del río Manzanares Reserva de la Biosfera. |
| IX | Laguna de Casola | | | 2,05 | 520 | Faunística | — |
| X | Laguna de San Juan | Chinchón | Tajuña | 10,58 | 520 | Faunística y Divulgativa | Refugio de Fauna. LIC Vegas, cuestras y páramos del Sureste |
| VIII | Laguna de San Galindo | | | 2,47 | 520 | Faunística y Paisajista | LIC Vegas, cuestras y páramos del Sureste (parcial). |
| II | Lagunas de Castrejón | El Escorial | Alberche | 2,78 | 960 | Faunística y Botánica | — |
| I | Humedales del Macizo de Peñalara | Rascafría | Lozoya | 2,67 | 2430-1672 | Científica, Faunística, Botánica y Geomorfológica | Parque Natural Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara. ZEPA Alto Lozoya. LIC Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte |
| XXIII | Laguna de Valdemanco | Valdemanco | Guadaluix | 1,28 | 1055 | Faunística y Botánica | — |

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Comunidad de Madrid. BOCM 15-09-2004.

La red de humedales catalogados, constituye un conjunto de ecosistemas de elevada riqueza natural, que actúan como refugio de la biodiversidad, regulan el ciclo hidrológico y permite conservar valores paisajísticos y socioculturales asociados. La mayoría de estos humedales se localizan en espacios naturales protegidos que regulan su gestión y niveles de protección y conservación, para los humedales catalogados no incluidos en ámbitos protegidos, se ha desarrollado el Plan de Actuación sobre Humedales Catalogados (*Decreto 265/2001, de 29 de noviembre*), El Plan fue elaborado tomando como referente el Plan Estratégico Español para la Conservación y Uso Racional de los Humedales (1999).

La mayoría de los humedales existentes en la Comunidad (Cuadro 10), tienen un origen antrópico, producidos por viejas y abandonadas canteras y graveras (éstas últimas en las riberas de los ríos), cuyos materiales extraídos (granitos, rocas filonianas, arenas y cantos rodados) fueron destinados a la construcción, vaciando grandes espacios que fueron ocupados por el agua de los ríos directamente o por filtraciones.

También destacan entre los humedales catalogados por su singularidad y origen glaciario, los emplazados en el Macizo de Peñalara, que han sido propuestos (febrero de 2005) para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar, lo que equivale a su reconocimiento como Patrimonio de La Humanidad. La iniciativa supone sea no de los primeros humedales españoles catalogado en dicha Lista en el apartado de alta montaña.

Por lo que se refiere al Catálogo de Embalses (Cuadro 9), el listado se realizó atendiendo a sus singulares valores y características especiales. La protección, conservación y gestión de cada uno de los embalses catalogados se dispondrá de su correspondiente Plan de Ordenación. En los años posteriores a la aprobación del Catálogo se fueron aprobando los Planes de Ordenación de los diferentes embalses incluidos, revisados posteriormente en 2002.

La casi totalidad están incluidos en figuras de protección de un parque regional, además, de las figuras de la Red Natura 2000 (ZEPA y LIC). Por la propia singularidad de estos elementos, que cumplen funciones en las necesidades humanas, constituyen infraestructuras básicas en la Región, poseen Planes de Ordenación con objeto de evitar dualidades y por razones de operatividad y eficacia.

5. DEPURACIÓN Y CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DE MADRID

El mayor consumo de agua por el crecimiento demográfico y económico madrileño, supone una mayor volumen de aguas residuales urbanas e industriales, que se vierten a los ríos a la salida de los núcleos de población, con la consiguiente contaminación ambiental de dichos cauces, principalmente en sus cuencas bajas, cuando abandonan el territorio de la Comunidad, con una situación final lamentable por el estado del río Tajo, receptor de las aguas de dichos ríos, el volumen de agua residual ha ido aumentando según el crecimiento demográfico y la dinámica económica.

ca, especialmente la industrial, mientras la cantidad de agua residual vertida mantuvo ciertos límites, los ríos actuaron como autodepuradores, situación que se mantuvo hasta la expansión del área metropolitana en los años sesenta, para mitigar este impacto ambiental, era necesario la depuración de las aguas residuales que generaban la aglomeración madrileña, cuyo tratamiento integran se empieza a plantear con la «Carta Europea del Agua» firmada en 1968 en Estrasburgo, en donde, se expone la importancia del ciclo ecológico completo del agua, su captación para el abastecimiento, como su vertido a los cauces después de ser usada, incidiendo y resaltando en dos rasgos: calidad y caudal en el agua abastecida y en el agua vertida.

Este documento y la manifiesta degradación de los cauces tras su paso por las aglomeración urbana madrileña a finales de los sesenta, obliga a las administraciones competentes entonces (Estado-Confederación Hidrográfica del Tajo, Diputación Provincial y Ayuntamiento de Madrid) a intentar resolver el problema con los medios disponibles: planes de saneamiento de aguas, que proyectaban la construcción de un sistema de depuradoras, aguas abajo de la ciudad de Madrid. La limitada eficacia de estas acciones, se debe al escaso desarrollo del número de depuradoras proyectadas, además, no todas las aguas negras del municipio madrileño eran tratadas, por un deficiente y anticuado sistema de alcantarillado, y por último, no se atendía al resto de los municipios del área metropolitana. La situación de degradación ambiental hidrológica siguió siendo similar a la década anterior, se agudizada por el continuo crecimiento metropolitano, tanto demográfico como industrial, con un claro desequilibrio entre un abastecimiento de buena calidad y su compleja infraestructura, con una depuración e infraestructura insuficiente y un mal mantenimiento, en donde existía, motivado por los costos de inversión que corrían a cargo de los ayuntamientos, de limitados recursos financieros, y que se encarecían con el posterior mantenimiento. El primer intento de unificar la gestión del aguas se remite al Plan Especial de Infraestructuras Básicas (COPLACO, 1976), pero solo apuntaba posibles actuaciones, además, el Canal de Isabel II se abstiene del problema por ocuparse exclusivamente del abastecimiento de agua, atendiendo a la entonces vigente *Ley de Aguas de 1879*, y los *Reales Decretos de 1977 (1091/1977, de 1 de abril; y 3459/1977, de 16 de diciembre)* que reorganizaron y reglamentaron el Canal, en donde, no se contemplaba el saneamiento urbano de las aguas.

Esta situación cambia con la Constitución de 1978, que reconoce la competencia de las Comunidades Autónomas en materia de Aguas (Artículo 148). La Comunidad de Madrid se hace cargo del Canal de Isabel II (*Ley 1/1984, de 19 de enero*), y del tratamiento integral y gestión de las aguas, que se recoge en la *Ley reguladora del abastecimiento y saneamiento de agua en la Comunidad de Madrid 17/1984, de 20 de diciembre*, establece la *explotación de los servicios de aducción y depuración promovidos directamente o encomendados a la Comunidad de Madrid, será realizada por el Canal de Isabel II (Artículo 6)*. La aducción comprende las funciones de captación y alumbramiento, embalse, conducciones, tratamiento y depósito. El saneamiento incluye los servicios de alcantarillado y depuración (integración a los cauces o medios receptores de las aguas convenientemente depuradas).

Esta legislación se completó posteriormente con la *Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo* de la Unión Europea, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, estableció la obligatoriedad de tratar adecuadamente, antes del 2.005, todos los vertidos de aguas residuales procedentes de núcleos de población superiores a 2.000 habitantes, si vierten directamente a aguas continentales, afectando de forma sustancial a la planificación hidráulica en la Región, al incluirse la mayoría de los municipios madrileños. Además, insta que el tratamiento de depuración debe de eliminar más del 90% de la contaminación, y si el vertido se realiza en zonas sensibles, con algún nivel o figura de protección el tratamiento debe ser más riguroso y exhaustivo, se deberá completar eliminando el exceso de nitrógeno o fósforo de las aguas.

Los métodos convencionales de tratamiento de depuración de las aguas se realizan siguiendo cuatro procesos convencionales: pretratamiento (desbaste, desarenado y desengrase), tratamiento primero (decantación, coagulación y floculación y neutralización), tratamiento secundario o biológico y tratamiento terciario más riguroso (decantación secundaria, cloración, desfosforación y desnitrógenización). La Directiva europea clasifica estos tratamientos atendiendo a dos parámetros: la consideración de la zona a donde se vierte (normal o sensible) después de ser tratada y el número de habitantes de donde proceden las aguas residuales.

Cuadro 11. SISTEMAS DE DEPURACIÓN APLICABLES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA DIRECTIVA 91/271/CEE. ANEXO II.

| TIPO DE TRATAMIENTO | ZONA DE APLICACIÓN | RANGO DE POBLACIÓN | DEFINICIÓN DEL TRATAMIENTO | SISTEMAS APLICABLES DE DEPURACIÓN |
|--------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| TRATAMIENTO PRIMARIO | ZONAS MENOS SENSIBLES | Entre 10.000 y 150.000 h. (en caso del art. 6 de la Directiva) | Tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico-químico que incluya la sedimentación de los sólidos en suspensión u otros procesos en los que la DBO5 se reduzca, por lo menos, en un 20% y los sólidos en suspensión en un 50% | Decantación primaria con o sin adición de reactivos |
| TRATAMIENTO SECUNDARIO | ZONAS NORMALES | > 2.000 h. | Tratamientos de aguas residuales urbanas que incluya por lo general un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso en el que se respeten los requisitos de la Directiva. (Cuadro I del Anexo I) | <ul style="list-style-type: none"> • Fangos activados • Filtración biológica • Lechos bacterianos • Biodiscos o biocilindros • Tecnologías blandas, siempre y cuando cumplan los requisitos de la Directiva • Cualquier combinación de procesos u otro sistema que cumpla los límites de emisión • Eliminación de compuestos nitrogenados mediante procesos biológicos (incorporación de zonas anóxicas) • Eliminación del fósforo mediante procesos físico-químicos (adición de reactivos) o biológicos (incorporación de zonas anaeróbicas y anóxicas) |
| | ZONAS NORMALES (aguas costeras) | > 10.000 h. | | |
| TRATAMIENTO MÁS RIGUROSO | ZONAS SENSIBLES | >10.000 h. | Tratamiento de aguas residuales urbanas que permita cumplir con los requisitos exigidos en zonas sensibles | |
| TRATAMIENTO ADECUADO | ZONAS NORMALES | < 2.000 h. | Tratamiento de aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación en virtud del cual, después del vertido, las aguas receptoras cumplan los objetivos de calidad pertinentes, y las disposiciones de la Directiva 91/271/CEE y de las restantes directivas comunitarias | Tratamiento compatible con el objetivo de calidad a cumplir |
| | ZONAS NORMALES (aguas costeras) | < 10.000 h. | | |

FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente.

Esta nueva política hidráulica desarrollada por la Comunidad de Madrid se estructura en planes integrales, el primer Plan Integral del Agua de Madrid, 1985-1991 (PIAM), ejecutado en varias fases, tenía como objetivo el abastecimiento a la totalidad de la Comunidad de Madrid, completando la red de suministro a todos los municipios que carecieran de ella, a su vez, preveía la depuración de las aguas resi-

duales, tarea más compleja que la anterior por carecer de una infraestructura previa, sobre la cual se desarrolle las planificaciones previstas. El objetivo era alcanzar el tratamiento adecuado en las cargas contaminantes generadas, mediante un sistema de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), que minimice el impacto ambiental sobre los ríos.

En 1985 el Canal comenzó a construir las EDAR programadas dentro del PIAM, las primeras actuaciones fueron hacia los vertidos más críticos: los núcleos urbanos que vertían directamente a los embalses de abastecimiento, las grandes aglomeraciones con industrias importantes y las áreas con gran población estacional de la Sierra de Guadarrama.

Tras su conclusión se elabora el nuevo Plan de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (PSD), para el periodo 1995-2005, cuyo objetivo, es abarcar la depuración en la totalidad de los núcleos de población en la Región, acción desarrollada con el Plan Cien por Cien (cofinanciado por la Unión Europea, a través de los Fondos FEDER y los Fondos de Cohesión), se hace cargo para su desarrollo y ejecución en todas sus fases el Canal de Isabel II: planes directores de saneamiento, proyectos, construcción de las obras y explotación de las depuradoras y los emisarios. Alcanzando en el año 2003 la depuración de todos los municipios de la Comunidad con una población superior a los 2.000 habitantes, lo que permitió depurar un caudal de 307,4 hm³ de aguas residuales en el año 2004 (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid). Fuera de este ámbito quedan 72 localidades que no cuentan con tratamiento de depuración, que supone el 4'5% de las aguas residuales que se generan en las poblaciones madrileñas, adecuando en este año la *Directiva 91/271* a la Comunidad, que ha permitido una drástica reducción de la contaminación vertida a los ríos madrileños desde las aglomeraciones urbanas, alcanzando los primeros parámetros de calidad ambiental en los cauces y riberas de los ríos de la región de Madrid.

Alcanzar el objetivo del «Plan Cien por Cien de Depuración» ha sido necesario poner en funcionamiento 83 depuradoras desde los años ochenta, algunas ampliadas posteriormente, y dependientes del Canal, además, de las habidas en el Municipio de Madrid, con diversa capacidad de volumen de tratamiento (habitantes) y procesos (agua y fango), localizadas en las diversas cuencas de los ríos madrileños: 5 en la Cuenca del Lozoya, 21 en la Cuenca del Jarama, 5 en la Cuenca del Guadalix, 4 en la Cuenca del Henares, 7 en la Cuenca del Manzanares, 14 en la Cuenca del Tajo, 6 en la Cuenca del Aulencia, 13 en la Cuenca del Alberche, 5 en la Cuenca del Cofio y 3 en la Cuenca del Perales.

Por lo que respecta al Municipio de Madrid, dispone de un sistema propio de tratamiento de sus aguas residuales desarrollado desde mediados del siglo XX, y gestionado en la actualidad por el Canal. La primera depuradora que funcionó en Madrid con un tratamiento primario fue La China (río Manzanares) en 1934. Posteriormente en los años sesenta entran en funcionamiento varias Estaciones Regeneradoras de Aguas Residuales (ERAR) más previstas en el Plan General de Estaciones Depuradoras de 1967 (Butarque y Viveros en el río Manzanares y Rejas en el río Jarama), pero el agua tratada no alcanzaba a la mitad de total de las residua-

les que se generaban. Este problema se resolvió con el Plan de Saneamiento Integral I cuyo objetivo fue tratar la totalidad de las aguas residuales de Madrid y zonas de ayuntamientos limítrofes, hecho conseguido en 1984, para alcanzarlo fue necesario remodelar y completar la red del alcantarillado y construir, además de las existentes, las ERAR de Sur y Sur Oriental en el río Manzanares y Valdebebas en el río Jarama. El Plan de Saneamiento Integral II (1997/2003) tiene como objetivo completar al anterior con la red de alcantarillado y mejora del tratamiento (implantación de sistemas de eliminación de nitrógeno y fósforo). Alcanzando un volumen de agua tratada de 552,6 hm³/año. Estas siete ERAR junto con la red de alcantarillado de propiedad municipal, fue traspasada la gestión por 25 años al Canal de Isabel II en septiembre de 2005 en un acuerdo-convenio Comunidad-Ayuntamiento de Madrid para «La gestión de los servicios de los servicios del ciclo integral del agua». El acuerdo entre ambas administraciones pretende una mayor eficacia, que aumentara la capacidad de tratamiento hasta los 620 hm³/año, volumen que se alcanzará cuando entre en funcionamiento la ERAR de La Gavia en el río Manzanares, inaugurada en junio de 2005, se incorporara a la red de depuración en 2006. Con este convenio convierte al Canal de Isabel II en el operador de ciclo integral del agua en la Comunidad de Madrid.

6. CONCLUSIONES

Aún siendo elevada la población de la Comunidad de Madrid, la demanda de agua se puede valorar como satisfecha. El actual sistema que garantiza la cobertura necesidad hídrica incluyendo los periodos de sequía, regulares en nuestro clima con una periodicidad de uno cada cuatro o cinco años, las reservas previstas garantizan dicho abastecimiento, gracias al complejo y eficaz Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II, que asegura dicho abastecimiento a la práctica totalidad de los municipios madrileños. No obstante el incremento de la población, de la actividad, de la dinámica económica, del límite en las posibilidades de acopio, prevén un futuro incierto en el suministro, que aconseja tomar medias para garantizar el abastecimiento en el futuro, especialmente en momentos críticos.

El problema de futuro no es solamente un mayor volumen hídrico que garantice el consumo, es también educativo, formar a los consumidores madrileños del bien limitado que poseemos, que aún no siendo escaso no es abundante, su uso debe estar regido por un comportamiento racional en su consumo, limitando las cantidades superfluas. El total de agua tratada y derivada por el Canal en 2003 es de 607,47 hm³, que abastece a un total de 165 municipios con una población que supera los cinco millones. El volumen de agua facturada per cápita fue 79,86 m³ en el año 2003 (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid). Con un total en el mismo año de 895.648 clientes, de los cuales 766.566 son de consumo doméstico, 87.050 son industriales y 42.032 de otros consumos (Canal de Isabel II).

El problema, en parte educativo, es disminuir el consumo sin limitarlo, resulta atractivo y ahorrativo entre la población madrileña, pues estaría basado en un con-

sumo con criterios racionales. Este tipo de medidas se ha recomendado entre los madrileños, en los momentos de sequía más intensos (por ejemplo 1992, 2005), con campañas de concienciación (*Súmate al Reto del Agua* durante último trimestre de 2005), han complementado las restricciones en el consumo con ahorros importantes, permitiendo prolongar las reservas existentes, hasta la llegada de precipitaciones que inviertan la situación crítica.

Además, se deben de tomar medidas correctoras que permitan reutilizar el agua, las depuradoras vierte directamente el agua a los ríos, este caudal puede reutilizarse para finalidades urbanas que lo permitan, esta sería una medida con criterios de gestión sostenible, por que es mucha el agua que el espacios urbano demanda, que no exige unas condiciones de potabilidad propias del consumo directo, tal es el caso de los riegos en las vías públicas y zonas verdes (parques y jardines), en donde, el agua que se invierte es considerable, y es posible que ésta sea la asignatura pendiente del abastecimiento de agua madrileño, pues si atendemos a otros espacios urbanos observamos las calificaciones utilidades de reutilización del agua que se realizan y que en Madrid por el momento no valoramos, el mayor inconveniente es la inversión que debe de realizarse pues se tendría que diseñar parte de una nueva red de distribución entre las áreas verdes madrileñas, que demandan dicho tipo de agua, pero el agua apremia.

El mejor ejemplo es el Ayuntamiento de Madrid, en donde, se recicla una parte mínima del agua depurada, desde la ERAR de La China, se riegan en la actualidad 568 has de zonas verdes (de las 5.000 has que tiene Madrid). En una segunda fase de reutilización de aguas residuales se quiere aumentar a 921 has más de zonas verdes, que permita ahorrar 21,7 hm³/año, este objetivo está programado dentro del Plan de Reutilización de Aguas Residuales Regeneradas, se ha programado con tres redes (Centro desde la E.R.A.R. de La China; Norte procedente de las E.R.A.R. de Viveros y Valdebebas-Rejas; y Sudeste alimentada por la ERAR de La Gavia).

BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV. (1979): *Canal de Isabel II*, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- AA.VV. (1992): *Atlas de la Comunidad de Madrid*, Consejería de Política Territorial, Comunidad de Madrid, Fundación Caja Madrid, Madrid, 87 pp.
- AA.VV. (1992): *Atlas de la Ciudad de Madrid*, Consorcio para la Organización de Madrid Capital Europea de la Cultura 1992, Madrid.
- AA.VV. (1989): *Los humedales del acuífero de Madrid*, Canal de Isabel II, Madrid.
- AA.VV. (1987): *La naturaleza de Madrid*, Conserjería de Agricultura y Ganadería, Madrid, 301 pp.
- ACERO, M. Á. (1995): *Madrid a la búsqueda de su naturaleza*, Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental, Madrid, 266 pp.
- ALCOLEA, M. A. y SOTELO, J. A. (2005): *Patrimonio natural de la Comunidad de Madrid: Unidades fisiográficas, paisajes y espacios protegidos*, Madrid. Revista de Arte, Geografía e Historia, Volumen 7, Comunidad de Madrid, Madrid.

- AYALA CARCEDO, F. J. [director] (1988): *Atlas Geocientífico del Medio Natural de la Comunidad de Madrid*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 80 pp.
- BLÁZQUEZ DÍAZ, A. y otros (1990): *El Valle Alto del Lozoya*. Consejería de Educación. Comunidad de Madrid. Madrid.
- CARRANZA, M. L. y ARÍSTEGUI, J. (2002): *Ríos de Madrid. Naturaleza e historia*, Comunidad de Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 167 pp.
- CANAL DE ISABEL II (2005): http://www.cyii.es/www/publico/index_esp.html
- COBO LOZANO, B., y otros (1987). *Estudio Integrado del Valle de Jarama*. III Jornadas de Educación Ambiental. Comunidad de Madrid. Madrid.
- COMUNIDAD DE MADRID, CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (2005): http://www.madrid.org/comun/MedioAmbiente/0,3149,52811278_0_53434437_00.html
- COMUNIDAD DE MADRID, CONSERJERÍA DE POLÍTICA TERRITORIAL (1995): *Plan regional de estrategia territorial*, Comunidad de Madrid, Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO (1998): *Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo*, Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Tajo, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- CORRALIZA, J. A.; GARCÍA, J. y VALERO, E. (2002): *Los Parques Naturales en España: conservación y disfrute*, Fundación Alonso Martín Escudero, Madrid, 492 pp.
- CUBILLO, F.; CASADO, C. y CASTILLO, V. (1990): *Caudales ecológicos. Estudio de regímenes de caudales mínimos en los cauces de la Comunidad de Madrid*. Comunidad de Madrid. Madrid.
- FLORES MONTOYA, F. J. –Coord.– (2004): *50 años de la Confederación Hidrográfica del Tajo*, Confederación Hidrográfica del Tajo, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 303 pp
- GARCÍA ALVARADO, J. M. y NAVARRO MADRID, Á. (2000): *Recursos geoculturales y medioambientales en un área de montaña suburbana (Valle del Lozoya)*, Homenaje al Profesor José Estébanez Álvarez, Universidad Complutense, Madrid, 759/770 pp.
- GARCÍA ALVARADO, NAVARRO MADRID, VINUESA ANGULO y ZÁRATE MARTÍN (1999): *Comunidad de Madrid*, en García Alvarado y Sotelo Navalpotro, (editores), *La España de las Autonomías*, Editorial Síntesis, Madrid., Cap. 13, 501/556 pp.
- GÓMEZ MONDOZA, J. (dir.) (1999): *Los paisajes de Madrid: naturaleza y medio rural*, Alianza Editorial, Fundación Caja Madrid, Madrid, 303 pp.
- GONZÁLEZ DÁVILA, M. [et al.] (1998): *Aproximación didáctica al estudio de la naturaleza: la naturaleza en la Comunidad de Madrid*, La Muralla, Madrid, 143 pp.
- LÓPEZ LILLO, A. (1991): *Naturaleza en Madrid*, Editorial Incafo, Madrid, 192 pp.
- MELLADO RUIZ, L. (2004): *Gestión sostenible del agua y evaluación de impacto ambiental de las obras hidráulicas*, COMARES, Madrid, 279 págs.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1999): *ORDEN de 13 de agosto de 1999 por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de cuenca del Tajo, aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio*, Boletín Oficial del Estado nº 207 de 30 de agosto de 1999, Madrid.
- MÚGICA, M. [et al.] (1992): *Uso recreativo de los espacios naturales en la Comunidad de Madrid, Soto del Real*, Centro de Investigación de Espacios Protegidos Fernando González Bernáldez, Serie Documentos nº 10, Madrid.
- MULERO, A. (2002): *La protección de espacios naturales en España*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 307 pp.

- NAVARRO MADRID, A. (2000): *Los espacios naturales protegidos en la Comunidad de Madrid (entre la ecología y la economía)*, Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 20. Madrid, 465/477 pp.
- RAMOS, A. (1986): *El paisaje del agua*, Jornadas Internacionales sobre el Paisaje del Agua, Madrid, 7/25 pp.
- RAMOS, Á. y SOTELO, J. A. (1998): *los paisajes naturales en la geografía literaria madrileña*, Madrid, Revista de Arte, Geografía e Historia nº I, Comunidad de Madrid, 528/553 pp.
- SÁENZ DE MIERA, A. [dir.] (1992): *La Sierra de Guadarrama: naturaleza, paisaje y aire de Madrid*, Agencia de Medio Ambiente de la C.A.M., Madrid, 393 pp.
- SANZ, C. (1996): *El parque regional de la Cuenca Alta del río Manzanares*, Boletín de la Real Sociedad Geográfica, Tomo CXXXII, Madrid, 151/179 pp.
- SOTELO NAVALPOTRO, J. A. (1998): *Medio Ambiente y medidas de conservación del medio natural de Madrid*, Situación, Serie de Estudios Regionales, Banco Bilbao Vizcaya, Madrid, 495/521 pp.
- (1991): *Paisaje, Semiología y Análisis Geográfico*, Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 11. Madrid, 11/25 pp.