

El Canal de Isabel II

Cristina FULGENCIO DELGADO⁽¹⁾, Esther BRIVIESCA PEÑA⁽¹⁾

⁽¹⁾Estudiantes de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria.
Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid (España).
ebrivies@ucm.es

Recibido: 15-09-14
Aceptado: 20-11-14

Resumen

El Canal de Isabel II es una de las redes de captación y distribución más importantes de España, abastecido por los ríos madrileños, garantiza el suministro de un agua de excelente calidad a prácticamente todos los municipios de Madrid. Con objeto de comprender la magnitud de dicha empresa presentamos los antecedentes que dieron lugar a su origen, así como un repaso a lo largo de toda la historia de su construcción y su situación en la actualidad. Además, se analizará la cuenca hidrográfica de la Comunidad de Madrid y las características químicas y físico-químicas que hacen del agua madrileña una de las mejores del país.

Palabras claves: Canal de Isabel II, los viajes de agua; hidrografía de Madrid, embalse, acuífero, composición química del agua, historia de Madrid, legislación de aguas, legionella

The Canal de Isabel II

Abstract

The Canal de Isabel II is one of the most important catchment and distribution networks in Spain. Supplied by the rivers of Madrid, this network guarantees the provision of high quality water to most of its municipalities. In order to better understand the magnitude of this mission, the history of its beginning, construction and actual state are included in this paper. Furthermore, the chemical and physicochemical properties of Madrid's drainage basin, which have transformed its water into one of the best in Spain, will be analyzed.

Key words: Canal de Isabel II, water qanats, Madrid's hydrography, dam, aquifer, water's chemical compound, Madrid's history, water's legislation, legionella.

REFERENCIA NORMALIZADA

Fulgencio C, Briviesca E. El Canal de Isabel II. Bol Soc Esp Hidrol Med, 2015; 30(1): 73-88. DOI: 10.23853/bsehm.2017.0380

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia Madrid sufrió varios problemas relacionados con el abastecimiento de agua. Desde su aparición en el siglo IX, como ciudad fronteriza del reino de Toledo, el arroyo de las Fuentes de San Pedro era suficiente para el abastecimiento de agua, pero tras el traslado definitivo de la Corte a Madrid en 1606, el aumento de la población hizo que fuera necesaria la construcción de varios viajes de agua.

Los viajes de agua consistían en una serie de galerías subterráneas, de entre 7 y 12 km de largo, cuyo objetivo era llevar agua desde zonas lejanas de la sierra a la capital. Esta se captaba a través de “los vexigones de tierra llena de agua, procedentes de la lluvia», hasta la ciudad”¹.

Una vez localizados se comprobaba el nivel freático y la solubilidad del agua. Si ésta era buena y con el suficiente desnivel para que discurriera por gravedad; se procedía a excavar una serie de pozos unidos entre sí por minas o galerías subterráneas de captación que a su vez drenaban el agua hasta las fuentes de la ciudad Figura 1.

Figura 1 – Galería de viaje de agua



En centro del suelo había una cañería que transportaba el agua y a uno o a ambos de la misma se construía un andén o andenes para que el maestro fontanero pudiera inspeccionar las minas y controlar que el agua fluyera clara y cristalina.

A lo largo de los viajes existían una serie de chimeneas colocados de forma regular, que permitían extraer la tierra excavada durante la construcción, el acceso del personal de mantenimiento y el oxígeno necesario para la respiración y la aireación del agua². Estos pozos estaban cubiertos en la superficie por una losa de piedra o un “capirote” Figura 2.

Figura 2 – Capirote



Los viajes de agua eran propiedad del Concejo, de la Corona, de monasterios, hospitales y miembros de la nobleza. El máximo responsable del mantenimiento y conservación de los viajes era el Fontanero Mayor, a sus órdenes tenía maestros fontaneros, cuyo cometido era guardar las llaves de las arcas.

La mayoría de los ciudadanos se proveían del agua a través de las fuentes públicas, pero había personas con la suficiente capacidad económica para pagar el traslado del agua a sus casas, surgiendo la profesión de los aguadores.

Durante el reinado de Isabel II, volvieron a surgir nuevos problemas de abastecimiento de agua. Con el objetivo de solucionarlos, se propuso la captación del agua en los ríos Jarama, Guadalix y Manzanares, pero la propuesta resultó inviable. Posteriormente, se concluyó que la toma de agua debía realizarse en un caudal más lejano, en el río Lozoya. El proyecto se aprobó en 1851 y las obras se alargaron hasta 1858, año en el cual se inauguró el Canal de Isabel II.

INICIO DEL CANAL DE ISABEL II

Como ya se ha señalado anteriormente, la escasez de agua en Madrid hizo que se buscasen otras fuentes para traer agua a la ciudad a través de la construcción del Canal de Isabel II. Una vez elegido el río Lozoya y bajo la supervisión de Juan Bravo Murillo, comenzó la construcción de un canal que trajera agua a Madrid.

Para la ejecución de los trabajos se formó un Consejo de Administración y un director de obras; inicialmente el primer director de obras fue José García Otero pero en 1855 fue sucedido por Lucio del Valle, el cual se considera el rector del Canal y quien dirigió los trabajos a pie de obra. Este ingeniero ya había construido la carretera de Cabrillas (camino de Valencia) y fue el primero que propuso la utilización de presidiarios como mano de obra. Para llevar a cabo la cartografía y las nivelaciones, de cara a establecer los planos topográficos, los desmontes y el diseño de proyectos como la presa del Pontón de la Oliva, la embocadura del canal y sus conducciones, etc.; se recurrió a acreditados profesionales como Juan Rafo y Juan de Rivera, entre otros. Para la financiación del proyecto se abrió un crédito extraordinario del Ministerio de Hacienda y una suscripción pública de acciones que rentaría según el capital aportado, siendo la reina la primera en encabezar la lista de suscriptores³.

El proyecto se redactó y se construyó casi simultáneamente, en una extensión de 70 km y con unas comunicaciones muy difíciles. Entre unos frentes y otros había aproximadamente 5 horas a caballo, y esto planteaba dificultades en el traslado de los materiales que hacían falta para la obra, por lo que se decidió extraerlos en el lugar donde se iban a utilizar. Esto supuso el traslado de fábricas de unos parajes a otros. Además, en muchos tramos de la obra se desarrolló la llamada "telegrafía alada", que consistía en una comunicación mediante palomas mensajeras. La marcha de estas obras también se vio dificultada por la situación política inestable de la época, que ocasionó altibajos en la financiación del Canal e incluso obligó a suspender las obras temporalmente. Además, la naturaleza también ocasionó avenidas, inundaciones y epidemias de fiebres, que fueron una constante en los años que duró la obra y que retrasaba su construcción. Debido a los numerosos problemas que surgieron la construcción del Canal se prolongó de los 4 años previstos a 7 años.

En 1851 se puso la primera piedra de la presa de El Pontón de la Oliva Figura 3, en el río Lozoya, Madrid, que contaba por ese entonces con unos 200.000 habitantes, inauguró el abastecimiento el 24 de junio de 1858. Se puso especial atención en atender las condiciones de la calidad del agua realizando análisis periódicos, revisando la conducción para evitar el calentamiento o las posibles contaminaciones y, además, se dispusieron filtros para eliminar las turbideces debidas a materiales en suspensión⁴.

Dado que el crecimiento de la ciudad había estado limitado por la falta de agua, esta nueva presa hizo que la ciudad pudiese comenzar una expansión de su pobla-

ción. La red de distribución inicial, tomada como modelo durante mucho tiempo, permitió el crecimiento urbano durante casi un siglo.

Figura 3 – Portón de la Oliva



A finales de los años sesenta la empresa que llevaba a cabo la construcción de este nuevo sistema de abastecimiento atravesó una difícil situación económica, que desembocó en la disolución del Consejo de Administración y la incorporación del Canal de Isabel II al Ministerio de Fomento. La falta de recursos hizo que las obras de ampliación proyectadas se paralizaran, la red de distribución apenas alcanzaba para toda población y las reparaciones eran continuas.

Pese a esta situación, en 1859 se propuso la construcción de la presa de El Villar. Su autor fue Elzeario Boix y fue construida en tan solo 3 años, de 1870 a 1873, siendo en su momento la presa más moderna de Europa por su altura, 50 metros, y tipología. Una vez terminada volvió a abastecer de agua durante décadas a Madrid, ya que aumentó la capacidad del embalse en 22 hm^3 ⁴.

En el siglo XX, debido a diversas sequías severas, así como el enorme crecimiento de la ciudad de Madrid, se observó la necesidad de ampliar las instalaciones del Canal. Esta ampliación sufrió un importante parón en 1936 como consecuencia de la Guerra Civil, guerra durante la cual los directivos de la empresa se centraron

en la reorganización interna, el saneamiento económico y la defensa armada de las instalaciones para garantizar el agua a los madrileños.

En la posguerra tuvo lugar un aumento importante en la inmigración en Madrid, lo que ocasionó una mayor necesidad de agua, necesidad que se vio incrementada con las sequías de los años 1944, 1948 y 1949. En estos tres momentos la demanda de agua superó a la capacidad de reserva del Canal, lo que implicó no solo una sequía sino también las restricciones correspondientes para permitir el desarrollo de las obras del Canal. En 1958 se inauguró la presa de Riosequillo, pero el suministro también se quedaba corto para la población que, en 1963, ya alcanzaba los 2.300.000 ciudadanos. La sequía de 1964 fue el detonante de la búsqueda de una solución para subsanar esta falta de agua, tomándose como medida urgente la construcción de la presa El Atazar Figura 4, capaz de embalsar 426 hm³ de agua. Esta presa entró en funcionamiento en 1972; en esos años se construyeron además otras presas como las de Puentes Viejas y Pinilla, en el río Lozoya; y la de El Vellón, en el Guadalix. Por lo tanto a Madrid llegaban ya aguas de varias cuencas: las del río Lozoya, las del río Manzanares, las del río Guadalix y las del río Jarama.

Figura 4 – Presa de El Atazar en construcción



Actualmente el Canal de Isabel II cuenta con catorce embalses y cuatro azudes que suponen una capacidad de embalse de 946 hm³, mientras que la red de distribución alcanza los 12.000 kilómetros.

La empresa Canal de Isabel II. Desarrollo y proyectos

En el siglo XX el crecimiento de Madrid volvía a estar descontrolado por lo que en 1907 el Canal recuperó su condición de empresa dependiente del Gobierno pero no del Ministerio de Fomento, y con ello su autonomía en la gestión del agua.

Fue necesario adoptar medidas urgentes de cara a la explotación de la red de distribución como la eliminación de las concesiones a caño libre, la instalación de contadores, la subida de tarifas, el control de las bocas de riego municipales y la vigilancia permanente de la red para evitar las frecuentes roturas por parte de los vecinos⁴.

Además de estas medidas tomadas por la empresa, también comenzó una creciente preocupación sanitaria, lo que ocasionó la construcción de un laboratorio permanente para el análisis del agua de abastecimiento, contemplando igualmente la posibilidad de obtener ingresos extras del agua mediante la producción eléctrica.

Pese a todos estos avances, se estimó que en 15 años sería imposible cubrir las demandas de agua de la ciudad debido al aumento del consumo, que había aumentado más del doble en los últimos 20 años. Esto hizo que se plantease tomar agua de las cuencas del Jarama y Sorbe. En 1920 Madrid alcanzó los 600.000 habitantes, con un consumo de 210.000 metros cúbicos de agua, distribuidos con una red de 230 kilómetros. Este suministro suponía un caudal de 2 m³/s y para que la conducción pudiera transportar un caudal mayor era necesario disponer de una segunda conducción, pudiendo abastecer así mismo a las zonas elevadas. Aparte de que esta nueva conducción permitiría abastecer a una demanda creciente, también permitiría llevar a cabo las reparaciones que eran necesarias en la conducción existente.

Las grandes obras hidráulicas de Madrid en el siglo xx

Las obras hidráulicas se dispusieron en diferentes planes de actuación, es decir, un plan a corto plazo o de urgencia para llevar agua a la capital de forma rápida, y otro plan a medio plazo para solucionar definitivamente el abastecimiento de Madrid con una mayor garantía de servicio. Para llevar a cabo el plan de urgencia se realizó una toma del embalse de Picadas, sobre el río Alberche, hecho que se consiguió en tan solo dos años.

Durante esta época se construyeron más del 50% de las infraestructuras del Canal de Isabel II y el objetivo no era solo dar respuesta a la demanda diaria de agua, sino también contar con la suficiente capacidad de abastecimiento para afrontar posibles periodos de sequía.

Entre las presas construidas en este período destaca la ya nombrada presa de El Atazar, que creó un gran embalse en el río Lozoya, consiguiendo que éste pasase a estar totalmente regulado. Entró en funcionamiento en 1972 y representa el 73% del total de la capacidad del embalse del río y cerca de la mitad del volumen de aducción a la capital.

Aparte de la preocupación por esta garantía de servicio, comenzaron a manejarse nuevos conceptos como una mejor atención al cliente debido a la reestructuración interna de Canal de Isabel II.

Pese a todo esto, aún tenía lugar un desequilibrio hidráulico que afectaba a toda la provincia, de modo que la producción se situaba en la zona norte, el transporte en la central y el consumo se realizaba en la ciudad, que vertía sus desechos hacia la zona sur. Esta situación cambió con la creación de la Comunidad Autónoma de Madrid en 1983. Esta nueva Comunidad Autónoma estableció dos pilares básicos en la política de aguas; por un lado estableció la consideración del ciclo integral del agua y por otro lado la necesaria conexión entre planificación hidráulica y territorial.

Se diseñó el PIAM (Plan Integral del Agua en Madrid), cuyo objetivo era resolver el abastecimiento y saneamiento de las aguas en todo el territorio de la Comunidad. La dirección y gestión del plan se encomendó a Canal de Isabel II y de este modo se convirtió definitivamente en una empresa de servicios.

EL CANAL DE ISABEL II EN LA ACTUALIDAD

Zonas de captación de la Comunidad de Madrid

La cuenca hidrográfica de la Comunidad de Madrid pertenece casi en su totalidad a la Cuenca del Tajo. Los arroyos situados en la ladera norte del Puerto de Somosierra pertenecen a la Cuenca del Duero, pero su importancia y extensión es muy limitada.

Las precipitaciones son las que aportan la mayor parte del volumen hídrico, teniendo poca importancia las nevadas ya que su duración es escasa y solo destacan por encima de 1.000 metros. Por lo tanto, es más importante la alimentación pluvial que la nival en las aguas de Madrid, aunque las aguas de fusión generan una importante parte del caudal. Sin embargo, la irregularidad de las precipitaciones define el territorio de Madrid.

En la Sierra de Guadarrama y Somosierra las precipitaciones totales son superiores a 700 mm, incluso superiores a 900 mm en la zona de cumbres; en Navacerrada hay un promedio de 1.211 mm, con un máximo de 2.009 mm (en 1996), en La Rampa las precipitaciones totales están entre los 500 y 700 mm; y en la Cuenca (integrada por la campiña, las vegas y los páramos) las precipitaciones totales son inferiores a los 500 mm pero superiores a los 400 mm⁵.

Esta diferencia en las precipitaciones en los territorios de Madrid se manifiesta también en el ritmo de las lluvias anuales, ya que los periodos lluviosos pueden retrasarse o no aparecer, dando lugar a sequías prolongadas con los consiguientes problemas en el suministro urbano. El volumen de agua precipitada en un año medio es algo superior a los 4.000 hm³, de los cuales se pierden aproximadamente

el 75% directamente por evapotranspiración, por lo que la capacidad potencial de embalse se reduce a menos de 800 hm^3 ⁵.

Los ríos que transcurren por la red fluvial de la Comunidad de Madrid y sus afluentes son el Jarama con el Lozoya, el Guadalix y el Manzanares, además, del Henares y el Tajuña que nacen en Guadalajara; el Guadarrama con el Aulencia; el Alberche con el Cofio (que nacen en Ávila) y el Perales. Las alteraciones hídricas de estos ríos, tanto en sus cursos como en el régimen hidrológico se deben a las grandes obras hidráulicas existentes (embalses, canales, trasvases, regadíos) que regulan sus caudales. Estas alteraciones, en ocasiones, hacen que el agua que queda en los ríos sea insuficiente para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos de las riberas durante muchos periodos de tiempo.

El Jarama es el río más importante de la Comunidad de Madrid. Tiene una cuenca de 11.597 km^2 y un caudal de $999 \text{ hm}^3/\text{año}$ y su nacimiento se origina en la Peña Cebollera en Somosierra, atraviesa por la provincia de Guadalajara y, tras el embalse del Vado entra en la Comunidad de Madrid por la presa de Valdetales en Torrelaguna. Sus afluentes más destacados son el Lozoya, Guadalix y Manzanares; Henares/Sorbe y Tajuña.

Por otro lado destaca el río Guadarrama, que nace en la zona central de la Sierra (Siete Picos, Puertos de la Fuenfría y Guadarrama). La superficie de la cuenca es de 1.708 km^2 y un caudal medio total de $152 \text{ hm}^3/\text{año}$. Tras pasar por Guadarrama atraviesa la Rampa y las Campiñas, hasta salir de la Comunidad en las proximidades de Batres. Al igual que en el caso del río Manzanares, a lo largo del curso del río Guadarrama se ha creado el Parque Regional del Guadarrama. Además, en su cuenca se encuentran los embalses de Los Arroyos La Jarosa y Valmayor, su principal afluente es el río Aulencia.

En cuanto al río Alberche, éste nace en el Puerto de El Pico (Ávila) y entra en Madrid por el embalse de San Juan, constituyendo la cuenca del suroeste madrileño. Su cauce es de 182 km , 40 de los cuales recorren la Comunidad de Madrid; la superficie de su cuenca es de unos 4.108 km^2 y su caudal total medio es de $802 \text{ hm}^3/\text{año}$. Sus principales afluentes son el Cofio y el Perales; y embalsa las aguas de San Juan, Picadas, La Aceña y Los Morales.

Por último hay que citar el río Tajo, ya que es el río más importante que transcurre por la región aunque su recorrido se limite de forma colateral en el sureste de la Comunidad, con un recorrido de 70 km . Se adentra en Madrid por Estremera hasta Aranjuez, abandonando la Comunidad por Algodor. A lo largo de su curso recibe las aguas de los ríos Guadarrama y Alberche Tabla 1.

En la cabecera de los ríos se han construido una serie de embalses que constituyen la red hidrológica de la Comunidad de Madrid. Con la construcción de la presa de El Villar en 1879 y las posteriores en la primera mitad del siglo XX (Manzanares en 1912 y Puentes Viejas en 1939), así como con el canal de transporte al municipio madrileño, los depósitos reguladores y la red arterial de distribución urbana; se configura el Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II.

Tabla 1 - Aportaciones naturales de los ríos 2011-2013 (Hm³).

Cuenca	2011	2012	2013
Lozoya	319,7	120,4	394,98
Jarama	142,7	48,6	177,53
Guadalix	51,7	12,8	41,28
Manzanares	115,7	38,4	112,78
Guadarrama -Aulencia	43,2	22,3	39,29
Alberche (Cofío -Morales)	23,2	6,5	22,07
Aportaciones naturales totales	696,2	248,8	787,93

Los embalses anteriormente citados del Canal se completan con cuatro azudes construidas en los ríos Lozoya, Guadalix, Sorbe y Guadarrama, que actúan derivando el agua para utilizarla posteriormente. Además de éstos existen también otros azudes en los ríos Jarama y Tajo (del Rey, Estremera, Buenamesón, La Adehuela, Villaverde, etc) que derivan el agua hacia canales de riego, destacando los de Valdajos y Embocador. Otros azudes se encuentran en la zona central de la Sierra de Guadarrama, en los valles, y aprovechan los caudales de las cabeceras de los ríos y arroyos, siendo el abastecimiento a localidades y urbanizaciones serranas su función principal. Entre los azudes más importantes de la Sierra de Guadarrama se encuentran Los Arroyos, El Batán, Las Lagunas, Las Berceas, en la cabecera del río Guadarrama; Maliciosa, La Barranca, Navalmedio, en la cabecera de la cuenca del Manzanares; y Miraflores en el Guadalix.

En todo este sistema hidrológico el río Lozoya sigue siendo el principal proveedor de agua acumulada a la aglomeración urbana, ya que cuenta con 5 embalses en su cuenca (El Villar, Puentes Viejas, Riosequillo, Pinilla, El Atazar).

En cuanto a las aguas subterráneas suponen aproximadamente un tercio de los recursos hídricos totales, aunque de cara al abastecimiento no suponen un recurso importante. Entre sus funciones destaca la garantía de abastecimiento a núcleos urbanos en períodos de sequía, ya que sirve como fuente complementaria cuando el volumen de agua en los embalses disminuye. Las sequías suelen producir una media de un año cada cuatro o cinco, de manera que el acuífero puede recuperarse en ese periodo y garantizar su sostenibilidad.

Por lo otra lado, los acuíferos son una fuente alternativa en el suministro en los momentos críticos por incidencias en el sistema de distribución (ej.: averías) y son

el principal sistema de abastecimiento de pequeñas localidades o aisladas, a las cuales el Canal de Isabel II no puede acceder.

El agua de los acuíferos discurre por formaciones de naturaleza geológicas diversas; El Plan Hidrológico del Tajo divide los acuíferos en 13 Unidades Hidrogeológicas (UH), de las cuales cuatro se sitúan en la Comunidad de Madrid: 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. El resto del territorio está constituido por otros acuíferos locales o de baja transmisividad y almacenamiento; todos ellos se unen bajo la denominación de "99", y según la configuración fisiográfica regional, esto determina los acuíferos en función de sus componentes litológicos⁵.

El volumen de agua subterránea captada en 2002 por el Canal de Isabel II fue de 59.6 hm³. De cara al futuro, para conseguir aumentar el aporte de las aguas subterráneas al abastecimiento urbano, se está construyendo un nuevo campo de pozos con 26 extracciones en el margen derecho del río Guadarrama, con unas previsiones de captación de 30 hm³/año.

Tratamiento del agua

Además de la red de embalses que ya hemos nombrado existen otras infraestructuras que completan la calidad y cantidad del abastecimiento y la distribución del agua a la aglomeración urbana madrileña.

Destacan las conducciones de aguas, que son una importante red de tuberías que constituyen trasvases, canales, arterias y uniones que comunican las distintas cuencas que existen en la Comunidad de Madrid e infraestructuras del Sistema Hidrológico del Canal de Isabel II, con los que accede el abastecimiento a la mayoría de los municipios de Madrid.

Actualmente la red de conducción cuenta con 22 grandes conducciones que llevan el agua bruta desde los embalses hasta Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) o potabilizadoras y de aquí a los depósitos reguladores de almacenamiento. De estas conducciones destaca la arteria principal del Sistema Hidrológico, formada por los canales Bajo, Alto y Atazar, que conecta los embalses del río Lozoya con los depósitos reguladores y estaciones de elevación de Madrid.

El suministro de agua estuvo sin tratamiento alguno hasta los años 50, ya que cumplían con las normas de "transparencia-cristalina"; a partir de ahí se añadió cloro como desinfectante y ya en 1967 entró en servicio la primera estación potabilizadora (Torrelaguna). Esto se ocasionó como consecuencia de los vertidos contaminantes y el inicio de los procesos de eutrofización de las aguas embalsadas⁶.

La potabilidad del agua se comprueba mediante análisis tanto en las propias plantas como en la red de distribución. Las ETAP se sitúan entre las instalaciones de captación de agua (embalses y pozos) y los depósitos y canalizaciones de la red

que distribuirán para el consumo. Actualmente el Canal de Isabel II cuenta con 12 ETAP, con una capacidad máxima de tratamiento de 3,752 hm³ al día.

Controles oficiales y criterios microbiológicos

Los controles oficiales y criterios microbiológicos permitidos en las aguas de consumo humano y, por extensión, permitidos en las aguas del Canal de Isabel II, están recogidos en el Real Decreto 140/2003 de 7 de Febrero, el cual establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

En cada abastecimiento se controlarán una serie parámetros, tanto parámetros microbiológicos como parámetros químicos, otros parámetros indicadores y radiactividad. El control de la calidad del agua de consumo humano se lleva a cabo en varios niveles: un autocontrol en varios puntos de muestreo, una vigilancia sanitaria, responsabilidad de la autoridad sanitaria y un control del agua en el grifo del consumidor.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE MADRID

El agua en la Comunidad de Madrid como ya se ha dicho anteriormente, se ve influenciada principalmente por el relieve y las precipitaciones de la zona de la cuenca del Tajo. Debido a ello es un agua que presenta unas características típicas de una región de terreno granítico con la consiguiente filtración natural, lo que hace que tenga un contenido en sales minerales muy bajo.

Así mismo, su conductividad es muy baja ya que habitualmente oscila entre los 100-200 µS/cm a 20° y presenta un pH que suele estar comprendido como media entre 7-8,5 aproximadamente. Además, el Canal de Isabel II emplea cloraminas para desinfectar el agua en sus ETAP, por lo que el nivel de cloro libre residual en el agua del grifo es cero mientras que el cloro combinado residual oscila entre 1-1,5 mg/l⁷.

Sin embargo, hay que señalar que el agua de la Comunidad de Madrid de la zona norte tiene unas características químicas distintas a la de la zona sur. Basándonos en un estudio realizado a través de diversos análisis químicos de 1995 de la zona norte y de 1999 de la zona sur se puede afirmar que, aunque ambas aguas subterráneas presentan una buena calidad para cualquier uso, presentan diferente composición química⁸ Tabla 2.

Mientras que en la zona norte hay una importante presencia de calizas cretácicas y detríticos terciarios con abundantes niveles de yesos; en la zona sur hay un creciente contenido en sales, produciéndose un aumento en las concentraciones de elementos mayoritarios y en la conductividad.

Tabla 2 - Configuración química en los sondeos del Canal de Isabel II

	ZONA NORTE (Primavera 1995, 37 sondeos)		ZONA SUR (Otoño 1999, 12 sondeos)	
CONSTITUYENTES MAYORITARIOS (mg/L)				
Constituyente	Valores extremos	RANGOS más frecuentes	Valores extremos	RANGOS más frecuentes
Cl	6-244	0-20	10-46	10-30
SO4	1-713	0-100	13-81	0-100
HCO3	75-242	100-200	197-238	100-200
NO3	1-24	0-10	4-29	0-25
Na	2,7-181	0-50	21-81	0-50
Mg	1,5-40	0-10	3-16	0-10
Ca	6-295	0-50	3-64	0-60
K	0,6-3,6	0-2	1-2	0-2
Conductividad	175-1250	200-400	310-519	300-500
SiO2	9,9-69,2	20-60	11,2-37,6	10-40
CONSTITUYENTES MINORITARIOS DETECTADOS (mg/L)				
Constituyente	Valores extremos	RANGOS más frecuentes	Valores extremos	RANGOS más frecuentes
NO2	0,04-0,18	0-0,1	0-0,05	0-0,06
PO4 ³⁻	0,06-0,13	0,01-0,1	0,08-0,31	0-0,25
F	0,5-4	0-0,7	-	-
Fe	0,05-0,24	0-0,1	0,032-0,556	0-0,1
Zn	0,05-0,55	0-0,1	0,06-1,54	0-0,1
Cr	0,025-0,049	0-0,049	-	-
As	0,01-0,058	0-0,05	0,02-0,07	0-0,05
Fenoles	0,0005-0,001	0,0005-0,001	-	-

Conductividad en µS/cm

En cuanto a la potabilidad del agua captada en los sondeos del Canal de Isabel II, se ha observado que de un total de más de 6.000 determinaciones de los elementos mayoritarios y minoritarios, solo un 1% de éstas sobrepasan los límites de la Reglamentación Técnico-Sanitaria.

CONCLUSIONES

Ha habido un enorme desarrollo de obras públicas en la Comunidad de Madrid comenzando por los "viajes de agua" y llegando a la construcción del Canal de Isabel II. Esta construcción no solo fue un adelanto en la época como red de abastecimiento sino que también supuso un adelanto en la sociedad.

El Canal de Isabel II garantiza la calidad del agua, tanto realizando un estricto control de ésta en diferentes puntos de su captación como por la regulación normativa de sus instalaciones, que hace que se reduzca de manera considerable la probabilidad de una contaminación. Todo esto, junto con las características del relieve madrileño y las precipitaciones hacen que el agua presente unas características químicas y físico-químicas únicas que conforman su excelente calidad.

Figura 5 – Canal de Isabel II



Figura 6 – Depósito del Canal de Isabel II



BIBLIOGRAFIA

1. Gea Ortigas MI. Los viajes de agua de Madrid. Madrid. La Librería, 2012.
2. Guerra Chavarino E. Los viajes de agua y las fuentes de Madrid. Madrid. La Librería, 2011.
3. Bonet Correa A. Aniversario del Canal de Isabel II. Revista de obras públicas. 2001;3.414:29-44.
4. Martínez Vázquez de Parga R, Gómez MP. Primer depósito elevado de agua de Madrid: cien años haciendo historia. Madrid. Canal de Isabel II, 2010.
5. Alcolea Moratilla MA, Gracia Alvarado JM. El agua en la Comunidad de Madrid. Observatorio Medioambiental. 2006;9:63-96.
6. González Reglero JJ. Los inicios de la preocupación por la calidad de las aguas de abastecimiento y por la depuración de las aguas residuales en el Canal de Isabel II. En: I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Madrid, Colegio de In-

- genieros de Caminos, Canales y Puertos y Comisión de Medio Ambiente, 2002;I:917-942.
7. Ayuntamiento de Madrid. Seguridad alimentaria y control de aguas. El agua del grifo de Madrid. Available at: <http://www.madrid.es> (Seguridad Alimentaria: El agua de grifo de Madrid)
 8. Fernández Uría A, Iglesias Martín JA, López-Camacho B, Ruiz Hernández JM. Caracterización de la calidad de las aguas subterráneas en la zona de influencia del Canal de Isabel II (Madrid). En: Proceeding del VII Simposio de Hidrogeología. Madrid, 2001;XXIII:623-634.