

UN PROBLEMA AMBIENTAL EN EL ABASTECIMIENTO HISTÓRICO DE MADRID: LAS AGUAS TURBIAS DEL LOZOYA (1858-1925)

A LONG-STANDING ENVIRONMENTAL PROBLEM OF MADRID'S WATER SUPPLY. THE CLOUDY WATERS OF LOZOYA (1858-1925)

JUAN GUTIÉRREZ ANDRÉS. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

HRWallingford (UK). jga@hrwallingford.co.uk

BERNARDO LÓPEZ-CAMACHO Y CAMACHO. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Canal de Isabel II. blopezcamacho@cyii.es

RESUMEN: Se describen las actuaciones desarrolladas por el Canal de Isabel II para solucionar el problema de las aguas turbias del río Lozoya que sufrió de manera intermitente el abastecimiento de Madrid desde el año 1858, fecha de la inauguración del Canal, hasta 1925, en que se finalizó la construcción de la primera fase de la presa de Puentes Viejas. La causa que originó la turbidez del agua fue la deforestación, producida durante la construcción de las presas y canales del Lozoya y, en mayor medida, por las roturaciones que la desamortización de bienes comunales trajo consigo. Ambas actividades dieron lugar a la destrucción de la cubierta vegetal de la zona y el aumento de los arrastres de materiales arcillosos al cauce del río.

Durante sesenta y siete años se barajaron y realizaron diversos proyectos para terminar con las "turbias". La solución final consistió en aislar el embalse de El Villar, con 22,4 hm³ de capacidad, que constituía la principal fuente de suministro. Para ello se construyó aguas arriba el embalse de Puentes Viejas que, por medio de un túnel, desviaba hasta debajo de El Villar las aguas de lluvias torrenciales, y unos canales perimetrales de aislamiento que recogían las aguas de los arroyos laterales y las conducían aguas abajo. El sistema estuvo en servicio hasta 1967, año en que entraron en funcionamiento las primeras plantas de tratamiento mediante coagulación y filtración.

Se concluye con unas reflexiones sobre el problema causado por la degradación ambiental de la cuenca vertiente y las ventajas obtenidas por su posterior recuperación.

PALABRAS CLAVE: ABASTECIMIENTO, EMBALSES, TRATAMIENTO DEL AGUA, DEFORESTACIÓN Y EROSIÓN DE CUENCAS

ABSTRACT: This article describes the plan of action devised by the Canal de Isabel II water company to solve an intermittent problem of cloudy waters in Madrid's water supply. The problem occurred between 1858 (the time of the commissioning of the Canal de Isabel II) and 1925, when phase one of the Puentes Viejas Dam was completed. The cloudiness of the water was caused by deforestation and was the result of land clearing required for the construction of a series of dams and channels designed to transfer water from the Lozoya River together with a change of land usage resulting from the disentanglement of common farming lands. Both factors gave rise to the stripping of topsoil in the area and an increase in clay sediment in the river.

Various projects were conceived and introduced over these 67 years to remove the cloudiness in the water. The final solution was to isolate the main water supply source: the 22.4 hm³ El Villar reservoir. In order to do so, a new dam (the Puentes Viejas dam) and reservoir were built upstream of El Villar reservoir. This isolated the muddy waters brought down by torrential rain in the upstream catchment area. These waters were then diverted through a tunnel downstream of El Villar dam. Additional channels were also built beside El Villar reservoir to intercept flows from lateral streams that also suffered from muddy waters and, again, these flows were discharged downstream of El Villar dam. This system was employed until 1967 when the first coagulation and filtration treatment plants came into operation.

The article concludes with a number of reflections on the problems caused by the environmental degradation of catchments and the advantages obtained by their subsequent regeneration.

KEYWORDS: WATER SUPPLY, DAMS, WATER TREATMENT, DEFORESTATION AND CATCHMENT EROSION

Se permite la explotación económica y científica de los contenidos de esta revista en la versión en línea, siempre que se cite la fuente original. No se permite la explotación económica ni científica de los contenidos de esta revista en la versión en papel.

Recibido: julio 2004. Aprobado: julio 2004.

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA: LA CREACIÓN DEL CANAL DE ISABEL II

Desde la fundación de la ciudad de Mayrit por Muhammed Ibn al Rahman, hacia la segunda mitad del siglo IX, hasta 1858, fecha de la inauguración del Canal de Isabel II, el sistema fundamental con el que se abastecían de agua los madrileños fue el de los denominados "viajes de agua". Estas galerías de captación o *qanats* estaban excavadas en las capas de arenas y arcillas que constituyen el sustrato geológico de las áreas norte y este de la ciudad, recogiendo el agua infiltrada en el terreno y transportándola mediante galerías de conducción hasta las diversas fuentes situadas en el interior de la ciudad. Alcanzaron más de 124 km de longitud, discurrían a profundidades de 10-30 m, tenían un rendimiento hidráulico de 0,25 l/s por km de galería de captación y pendientes con valores cercanos al 1% (1).

A raíz de la llegada a Madrid de la capitalidad del reino a manos de Felipe II (a mediados del siglo XVI), este sistema de abastecimiento tuvo un crecimiento considerable, consecuencia directa del incremento de población que experimentó la ciudad que pasó en pocos años de 14.000 a 42.000 habitantes. A partir de esta situación se crea un punto de inflexión en el abastecimiento de Madrid. El número de vecinos de la capital continuará creciendo y en los periodos de sequía, los caudales transportados por "los viajes de agua" disminuían considerablemente por lo que se llegó, a mediados del siglo XIX y con una población de 220.000 habitantes, a una situación insostenible.

El sistema de abastecimiento basado en la infiltración de agua en el terreno no era capaz de proporcionar el caudal necesario y además, era físicamente imposible ampliarlo. Como describe Francisco Barra, Comisario de Caminos y Canales, en 1830: "Todo el terreno de los alrededores de Madrid, particularmente en los caminos de Chamartín y Fuencarral, está taladrado a derecha e izquierda con ramales de minas, de modo que no hay donde abrir otras" (2).

Para reflejar con más claridad la situación de precariedad que sufrió el abastecimiento de la ciudad, basta leer la descripción que realizaba, en 1929 y con motivo de la celebración de la Exposición Iberoamericana de Sevilla, Severino Bello Poëyusan, Ingeniero Director del Canal de Isabel II: "En el Madrid de 1855 los 1.300 metros cúbicos de agua por día procedentes de los viajes significaban unos 6,5 litros por habitante. Próximamente la mitad era llevada a las casas por unos mil aguadores, con coste aproximado de 2,32 pesetas por metro cúbico. Hoy el metro cúbico de agua de Lozoya cuesta cuando más 30 céntimos de peseta; se suministra a cinco céntimos a las viviendas más modestas y a la Beneficencia, y se da gratis para los servicios públicos. Pero aquella dotación media, equi-

valente a un cubo de agua por persona, contaba incluidos, además de la bebida de gentes y animales, el consumo en la alimentación y la limpieza de los cuerpos, ropas, enseres, habitaciones y vías públicas; resultaba dotación pobrísima, que explicaba bien la falta general de aseo en las personas, en las casas y en la urbe entera" (3).

El problema no se limitaba simplemente a la escasez de volumen de agua para los usuarios, a las dificultades de su distribución (realizada a mano desde las fuentes hasta las viviendas) y a lo elevado de su precio. A todo esto, había que sumarle los problemas sanitarios producidos por las dificultades de evacuación de las aguas negras y la mala calidad de las aguas servidas que sufrían constantes contaminaciones procedentes de las filtraciones de los numerosos pozos negros distribuidos por toda la ciudad. Esta falta generalizada de higiene la resume con gran claridad Severino Bello, en una conferencia realizada en el Círculo de la Unión Mercantil el 13 de abril de 1928, organizada por la Sociedad Peñalara, con las siguientes líneas: "Con tan escasa agua, el arrastre de las basuras al alcantarillado y el funcionamiento de éste eran defectuosos y difícil el simple escurrimiento de los pozos negros. Estos receptáculos subterráneos de las excretas, ejecutados con los morteros ordinarios de la época, rezumaban porquería junto a las galerías y pozos de bebida, manteniendo fuerte epidemia de fiebre tifoidea. Mientras, gran parte de las basuras desecadas en calles y plazas se diluían en la polvareda que a poco de llover recargaba sobre la ciudad y sus moradores. El baño era casi desconocido y morigeradores los lavatorios. Polvo, insectos y roña amargaban la vida de los madrileños, hasta de los más encopetados; y en muchas cabelleras románticas se acogieron seguramente los parásitos portadores del tifus exantemático" (4).

Para resolver esta situación tan dramática se llevaban barajando, ya desde hace tiempo, diversas soluciones pero sin obtener resultado alguno. No haremos hincapié en ellas pues éstas no son el objetivo de este artículo, simplemente citar que la idea del Canal de Isabel II nace de una comisión creada el 10 de marzo de 1848 por Juan Bravo Murillo, Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, compuesta principalmente por "... los ingenieros de caminos [Juan] Rafo y [Juan de] Ribera para que informasen sobre la media docena de estudios y proyectos que, desde mitad del siglo anterior, venían ofreciéndose para abastecer Madrid con aguas de los ríos serranos más inmediatos" (3).

En sus conclusiones rechazan los proyectos existentes y se decantan por un sistema de abastecimiento basado en la construcción "a lo romano" de un canal de 77 km de longitud de aguas rodadas, desde el río Lozoya hasta la capital, y la creación de la presa del Pontón de la Oliva, con una capacidad de almacenamiento de hasta tres hectómetros cúbicos, para que en las épocas de estiaje,

cuando el caudal del citado río resultaba insuficiente para cubrir las necesidades hídricas de la ciudad, se siguiese manteniendo el abastecimiento con garantías suficientes.

Siguiendo las indicaciones de la comisión, se aprueba por Real Decreto la construcción del *Canal de Isabel II* el 18 de julio de 1851, gracias nuevamente a la actuación política de *Juan Bravo Murillo*, Presidente del Consejo de Ministros en esa fecha. La construcción del canal tardará siete años en finalizarse. El 24 de junio de 1858 la *Reina Isabel II* inaugura la obra en la fuente de la calle ancha de San Bernardo, comenzando así una nueva y crucial etapa en la historia del abastecimiento de agua de Madrid, a la par que pionera a nivel mundial. "La práctica de grandes abastecimientos con aguas de ríos estaba poco desarrollada entonces; todavía durante muchos años después se resistieron a ella los ingenieros de países muy cultos. Así se comprende que la técnica extranjera más progresiva celebrará la decisión y el éxito de las obras del Canal de Isabel II para abastecer a la capital de España" (3) (figura 1).

EL PROBLEMA DE LAS AGUAS TURBIAS

Tras la finalización de las obras surgieron una serie de problemas que impidieron un correcto funcionamiento del nuevo sistema de abastecimiento de agua. No nos vamos a detener a enumerar las dificultades iniciales que sufrió el Canal (filtraciones en la presa del Pontón de la Oliva) ni en las soluciones que se realizaron para subsanarlas. Únicamente, nos fijaremos en uno de estos conflictos generados que se prolongaría intermitentemente, para desesperación de los madrileños, desde su puesta en funcionamiento hasta la construcción en 1925 de la primera fase de la presa de Puentes Viejas: las aguas turbias.

El problema surge desde que comienza la explotación del Canal de Isabel II para abastecer la capital. *Ramón de Aguinaga*, Ingeniero Director del Canal, lo certifica en su "Memoria sobre las turbias del Lozoya": "Desde el año 1858, fecha en que Madrid empezó a utilizar las aguas del río Lozoya, son conocidas las turbias de esas aguas y sus infecciones accidentales, aunque la índole de estas últimas, su origen y su modo de actuar sobre la naturaleza humana, permanecieron ignoradas hasta que el genio maravilloso del inmortal Pasteur reveló al mundo la existencia y la temible importancia de los microorganismos" (5).

¿Por qué las aguas cristalinas del río Lozoya aparecían por los grifos de la capital en distintas épocas del año y durante varios días, a veces incluso meses, con una turbiedad tan marcada y desprendiendo olores ciertamente desagradables? ¿Acaso no fue acertada la elección de este río como origen del abastecimiento de agua? Responderemos en primer lugar al último de estos interrogantes

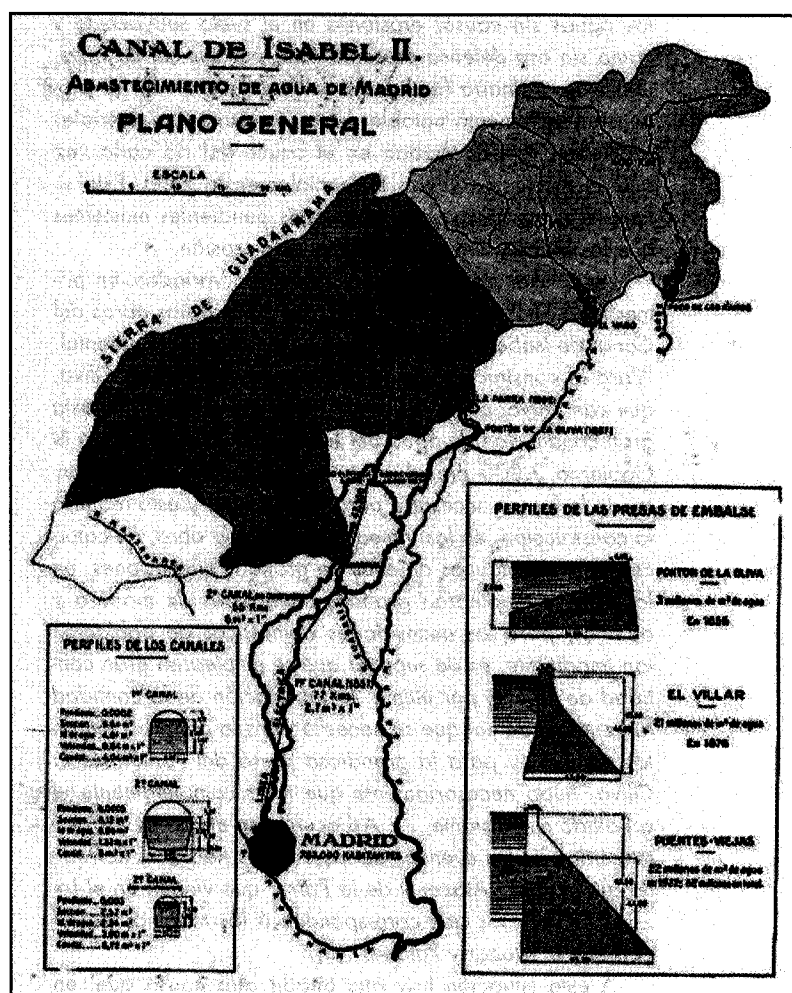


Fig. 1. Abastecimiento de agua de Madrid (Archivo del CYII).

con las propias palabras de *Ramón de Aguinaga*: "En la época ya lejana, en la que se eligió el agua del Lozoya para el abastecimiento de Madrid, ninguna elección hubiera podido ser más acertada, pues éstas, procedentes del admirable macizo montañoso del Guadarrama, de sus fuentes purísimas y de sus nieves inmaculadas, podían ser consideradas como las más adecuadas para el consumo. Puras en sus orígenes, discurrían en medio de una comarca poco poblada, por lecho rocoso encajado entre laderas abundantemente pobladas de árboles y vegetaciones silvestres, de manera que nada hacía presumir pudiera ser alterada ni su cristalina transparencia, ni su perfecta potabilidad."

Para encontrar una explicación a esta turbiedad nos encontramos con una única causa con orígenes muy distintos, pero que en definitiva supusieron un incremento de la deforestación de las cuencas vertientes. Las diversas actividades que se desarrollaron en los terrenos cercanos a la cuenca del río Lozoya acabaron, en un espacio de tiempo relativamente corto, con la cubierta vegetal existente "que tapizaba la superficie sobre la cual discurrían

las aguas sin causar erosiones en el suelo subyacente y como sin esa defensa presenta éste, por sus condiciones, una extraordinaria facilidad á la socavación" (5); se produjo un incremento notable de los arrastres de materiales arcillosos, que acababan en el cauce del río cada vez que se producían lluvias torrenciales en la zona. Esta situación se agravaba con las fuertes pendientes existentes que facilitaban aún más el proceso de erosión.

Las causas de esta deforestación son variadas. En primer lugar, nos encontramos con que las propias obras del Canal de Isabel II supusieron un fuerte impacto ambiental. "Para la construcción de la presa del Pontón de la Oliva, que constituyó, como es sabido, el primer embalse de esta gran conducción de agua del Lozoya, se destinaron por el Gobierno 2.000 presidiarios, acompañados, naturalmente, de la fuerza necesaria para su custodia, y esto requirió la construcción, en las inmediaciones de la obra, de catorce edificios, algunos de ellos de grandes dimensiones, en los que se emplearon grandes cantidades de madera y además, para las necesidades domésticas de población tan importante, es de suponer que se emplearan gran cantidad de leña y, por último, la fabricación de la cantidad tan enorme de cal que se necesitó para la construcción de los edificios y para la grandiosa presa del Pontón de la Oliva, hubo necesariamente que talar completamente el arbolado circunstante... Así ocurrió en efecto en los pertenecidos de las cuencas de los arroyos Redubia, Rofredillo, pasada del Atazar y de la Parra, que vierten en el Lozoya en terrenos que corresponden á los términos de Alpedrete, el Atazar y Patones" (5).

A esta situación hay que añadir otra causa que, en mayor medida, favoreció la citada erosión. "Otro de los hechos que vino á agravar este estado de cosas fué la ley de desamortización [general de Madoz y repartos o ventas de bienes concejiles y roturaciones arbitrarias de baldíos, desarrolladas entre 1855-1924]. Al amparo de ella se fueron comprando los terrenos casi de balde y, mirando sólo el lucro de momento, sin pensar más que en recoger el inmediato fruto de la venta de las maderas y leñas, se ha destruido y se sigue destruyendo la gran riqueza que representaba el arbolado en la cuenca del Lozoya, para dedicar los terrenos al cultivo. Establecióse primero el de cereales en los terrenos cuaternarios, rompiendo con las labores la capa protectora de plantas que cubría el suelo de estas arcillas; continuaron plantando viñedos y roturando nuevos pedazos..." (5). Además, existía un problema añadido. El diseño del sistema de abastecimiento impedía que esas aguas turbias pudiesen ser derivadas ya que la capacidad del depósito situado en Madrid servía para abastecer a la ciudad solamente durante algunos días. Por lo tanto y como escribía un periodista en 1896: "O la sed o las turbias. El problema sigue planteado en los mismos términos que hace cinco lustros..." (6).

Estos cambios repentinos en la calidad del agua que sufrían los habitantes de la capital supuso la convivencia del Canal de Isabel II y "los viajes de agua" hasta 1930, prácticamente durante setenta y dos años. Cuando desde el canal llegaban turbias, los madrileños se veían abocados a las fuentes públicas de aguas más transparentes, en las que las ordenanzas que las regían en épocas anteriores habían caído en el olvido, llegándose a producir frecuentes peleas por conseguir agua. También existía una creencia, algo extendida, que otorgaba cualidades benéficas a las aguas procedentes de los "viajes". Nada más lejos de la realidad. La situación de los "viajes de agua", antaño preocupante, no había hecho otra cosa que empeorar. El abandono del mantenimiento de los túneles, el deterioro de muchas galerías al ser interceptadas por las nuevas redes de abastecimiento y alcantarillado (construidas precisamente por el Canal de Isabel II), así como el incremento considerable de contaminación al que se veían sometidos los "viajes" debido al crecimiento de la ciudad por las zonas donde discurrían enterrados y la construcción de nuevos pozos negros en las proximidades de las galerías, hicieron que estas aguas que consumían los madrileños supusieran un importantísimo foco de transmisión de enfermedades. "A finales de siglo [s. XIX], Madrid era la ciudad con la más alta tasa de mortalidad de toda Europa" (1).

Esta simultaneidad de los dos sistemas de abastecimiento durará hasta 1930, cinco años después de que se solucionara definitivamente el problema de las aguas turbias. Entre medias, hubo diversas y muy distintas actuaciones sobre los "viajes de agua". Existieron intentos de eliminarlos, como el de 1909, en el que "la Junta Provincial de Sanidad, con el apoyo del Ministerio de la Gobernación, decidió el cierre de las fuentes alimentadas por los viajes señalándolas como el origen de la epidemia de fiebre tifoidea existente". No fue llevado a cabo debido a la gran magnitud de los desórdenes públicos que se generaron. Dos años después y hasta 1919, el Ayuntamiento sufragó la construcción de plantas de ozonización que no dieron el resultado esperado y finalmente se abandonaron (1).

INTENTOS DEL CANAL DE ISABEL II PARA DAR SOLUCIÓN A LAS TURBIAS

Los graves problemas de filtración del embalse del Pontón de la Oliva junto con las fuertes sequías que se producen en la década de 1860, obligaron a la realización, aguas arriba del embalse, de una serie de obras, como el azud de derivación de Navarejos (7) y la construcción de la Presa de El Villar, realizada entre los años 1869 y 1882. "El proyecto [de esta última] fue redactado con fecha 22 de abril de

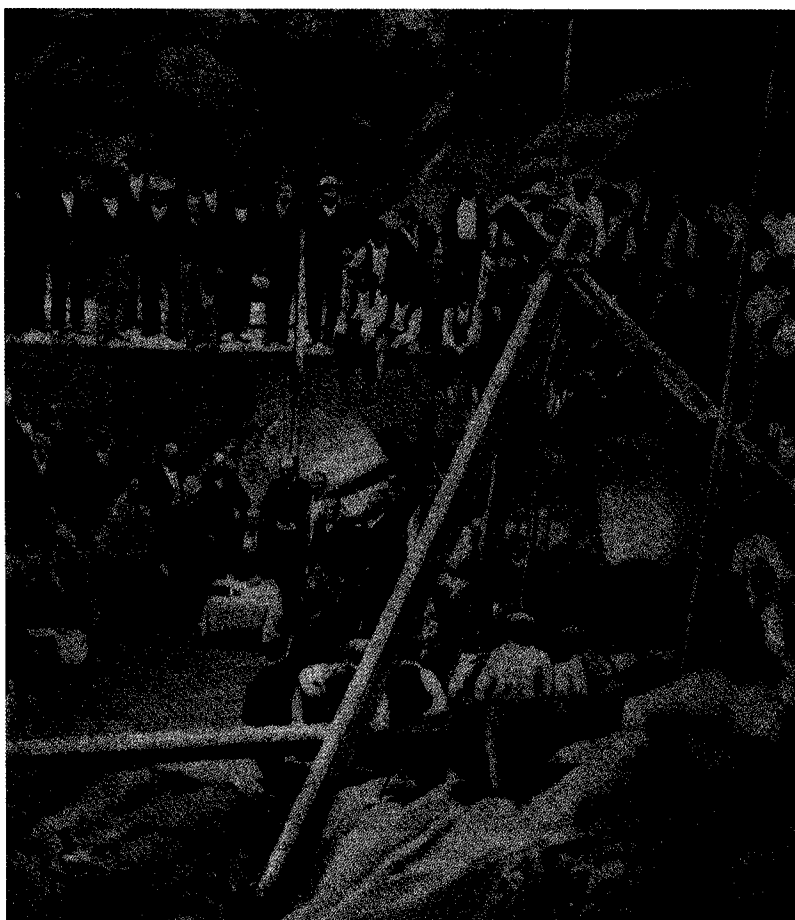


Fig. 2. Presa de embalse de El Villar, 1869 a 1882. Fotografía Archivo CYII.

1869 por Elzeario Boix, dirigido por José Morer (entonces Director del Canal de Isabel II) y aprobado el 30 de junio..." y a pesar de no estar terminadas las obras, comienza su aprovechamiento en el año 1873 (8) (figura 2).

La presa, de 51,5 m de altura desde cimientos, y con una capacidad de 22.4 hm³, que en la actualidad continúa en servicio, "...en el momento de su construcción fue la presa más alta de España y de las mayores de Europa, y la más importante dedicada al abastecimiento de agua" (8). Opinión compartida por Severino Bello cuando afirmaba en 1929 que: "Fue obra singular, cuyo tipo se adelantó treinta años a los preconizados luego en Europa y América" (3).

Sin embargo, aunque con la construcción de este embalse se solucionaron los problemas de escasez de agua en las épocas de estiaje, se agudizaron los problemas de turbidez en el agua. Tomando como punto de referencia a la presa de El Villar, las medidas realizadas para luchar contra las turbias se pueden dividir en dos líneas diferentes de actuación: una aguas arriba y la otra aguas abajo, según cual fuera la zona de origen de la turbidez del agua.

Siguiendo un orden cronológico, hay que señalar que el Canal de Isabel II aborda en primer lugar medidas relacio-

nadas con las turbias originadas aguas arriba. En noviembre de 1876 se observa por primera vez la influencia que la construcción de la presa de El Villar iba a tener sobre el problema de la turbidez. En esta fecha se produce una fuerte avenida que, a pesar de estar el desagüe de fondo abierto completamente, provoca un remanso de aguas turbias detrás de la presa. Dadas las pequeñas dimensiones del citado desagüe se tardaban varios días en vaciar el embalse, y esto suponía que durante ese tiempo toda el agua que suministraba la presa era turbia. El efecto producido al construir el embalse era un incremento en los días de abastecimiento con aguas sucias.

La solución parecía evidente: el embalse debía disponer de una mayor velocidad de vaciado. Con este objetivo se hicieron los cálculos para determinar el tiempo que se podía abastecer a la población con los depósitos existentes, concluyendo que sería necesario evacuar la turbia del embalse en un máximo de tres días y medio para evitar los cortes de suministro. Se consideró necesaria la construcción de dos nuevos desagües en la presa, proyecto nuevamente de Morer y Boix (1877), uno en la misma cota que el desagüe de fondo, y otro a 28,5m sobre éste. Ambas debían practicarse en la roca sana adjunta a la cimentación, ya que semejantes galerías no podían atravesar la mampostería de la obra porque la debilitarían fatalmente (8).

Dos años después, en 1879, se plantea un nuevo proyecto de un túnel de toma y desagüe. No habiendo finalizado las obras anteriores por los retrasos originados por una serie de problemas administrativos, se recomienda añadir un nuevo desagüe en aras de una reducción del tiempo de vaciado del embalse. Elzeario Boix advierte en este nuevo proyecto que las actuaciones previstas en 1877, si bien habrían mejorado el problema, no lo dejaban del todo resuelto. Los sedimentos depositados en el cauce por la turbia embalsada, debido a la menor velocidad del agua que era retenida por la presa, se limpiarían con la corriente del río prolongando la turbidez. Por eso, propone la construcción de una nueva galería a una cota de 15,5m sobre el desagüe de fondo, que además de reducir el tiempo de vaciado permitiría tomar agua para el abastecimiento de Madrid a una altura intermedia entre el desagüe de fondo y la toma de cota 28,5 m.

Finalmente y con fecha del 20 de octubre de 1880, aparece un último proyecto relacionado con un nuevo desagüe de fondo en la ladera izquierda. En la memoria se comenta que desde que se finalizaron las tres galerías anteriormente citadas, Madrid no había vuelto a sufrir el problema de las turbias pero que buscando una mayor garantía en el abastecimiento era necesaria la realización de esta obra. Con dicha galería el tiempo necesario para el vaciado desde la situación de embalse lleno se modifica, pasando de 53,5 a 36 horas. A su vez, se asegura un mejor arrastre de los sedimentos depositados en el cauce del río al aumentar

Fig. 3. Presa de El Villar, aguas arriba. Fotografía Archivo CYII.



los caudales desaguados y se facilitaban las labores de limpieza y mantenimiento de los desagües (figura 3).

A pesar de las mejoras establecidas en las distintas tomas de la presa, "... el problema de las turbias quedó en pie. Porque aunque á la salida del embalse del Villar las aguas se hallasen completamente limpias, el solo medio disponible para hacerlas salvar la distancia de 21 kilómetros existentes entre dicho punto y la toma de la Parra, en donde habían de ser recibidas, para conducir las agua abajo del Pontón de la Oliva, á verter en el canal primitivo, era el de hacerlas discurrir por el lecho del Lozoya, y, por consiguiente, en este largo trayecto, habían forzosamente de recoger los arrastres de los arroyos y vertientes de las laderas afluentes y contiguas al río. Por lo tanto, las lluvias más insignificantes en esta zona de la cuenca del Lozoya originaban turbias de consideración en las aguas que se traían á Madrid para su consumo" (5).

Especialmente problemáticas eran las originadas en la margen izquierda del río, producidas por unas zonas de terreno cuaternario formadas por limos de color rojo de una densidad aparente muy próxima a la del agua. Estos producían unas aguas turbias con una velocidad de sedimentación muy lenta, lo que agravaba el problema del abastecimiento cuando eran el origen de la turbidez (9).

Intentando paliar la contaminación del agua producida en este tramo, se "... sustituyó [en 1903] la presa de Nava-

lejos [desde donde arrancaba la toma del Canal de Isabel II] por otra hecha un kilómetro más arriba [presa de la Parra], prolongando el canal hasta ella. Hízose ésta para salvar las aguas turbias del arroyo Rofredillo y barranco de la Parra, y porque la de Navalejos quedó inutilizada por los arrastres." También se realiza la construcción de la "presa ocasional del río Guadalix", situada en el término de Pedrezuela, que conectaba mediante un canal de derivación de cuatro kilómetros de longitud con el principal en el término de San Agustín. "Aunque el caudal de Guadalix es pobre, esta presa, además de poder surtir de aguas más claras, en determinadas ocasiones consiente [consentía] que más de una tercera parte del canal pueda repararse sin suprimir el abastecimiento de la corte" (3).

Como era de esperar, estos dos intentos parciales no resuelven la situación de las turbias, por lo que finalmente, para solucionar este problema, se decide la construcción de un canal cubierto con capacidad para 8 m³/s que, partiendo de la presa de El Villar y discurriendo durante 24 km. por un nuevo trazado, enlazará con el canal primitivo en un punto situado al sur de Torrelaguna. Las obras del denominado "Canal Transversal" finalizan el 26 de junio de 1911 y solucionan el problema de las turbias hasta junio de 1915, fecha en la que vuelven a aparecer (figura 4).

Mientras tanto, la Ley de 8 de Febrero de 1907, estableció la nueva organización y dirección del Canal, comenzan-

do a partir de este momento la inquietud del Consejo de Administración del Canal de Isabel II por la purificación de las aguas del Lozoya y su control bacteriológico, procediéndose "...por el doctor Chicote á inspeccionar las aguas del río Lozoya, á partir de la toma de aguas hasta los orígenes del Lozoya, recogiendo las muestras necesarias de agua para su análisis bacteriológico y químico" (5). A raíz de la creación de este informe, se redacta el plan que a largo plazo sería la solución definitiva a las turbias, por medio de la construcción de un "aparato de doble embalse en el Lozoya" (3), que desterraría definitivamente la turbidez del abastecimiento de Madrid. Pero, no adelantemos acontecimientos.

CAUSAS DEL RETORNO DE LAS TURBIAS

Como ya vaticinara en 1910 Juan Ángel de Madariaga, las causas de este indeseable retorno de la turbidez del agua en el año 1915 son muy parecidas a las que provocaron su aparición en un primer momento. Hasta ese año, la capacidad de autodepuración del propio embalse junto con el sistema de tomas de la presa de El Villar, anteriormente citado, fue suficiente para conseguir aguas claras en la toma del canal, porque "...como las turbias producidas por los arrastres que conduce el río aguas arriba de la presa del Villar, entraban en el embalse por la cola del mismo y como el embalse tiene una longitud de 10 kilómetros y medio, rara vez llegaba el efecto de las mismas á la cabeza del embalse" (5).

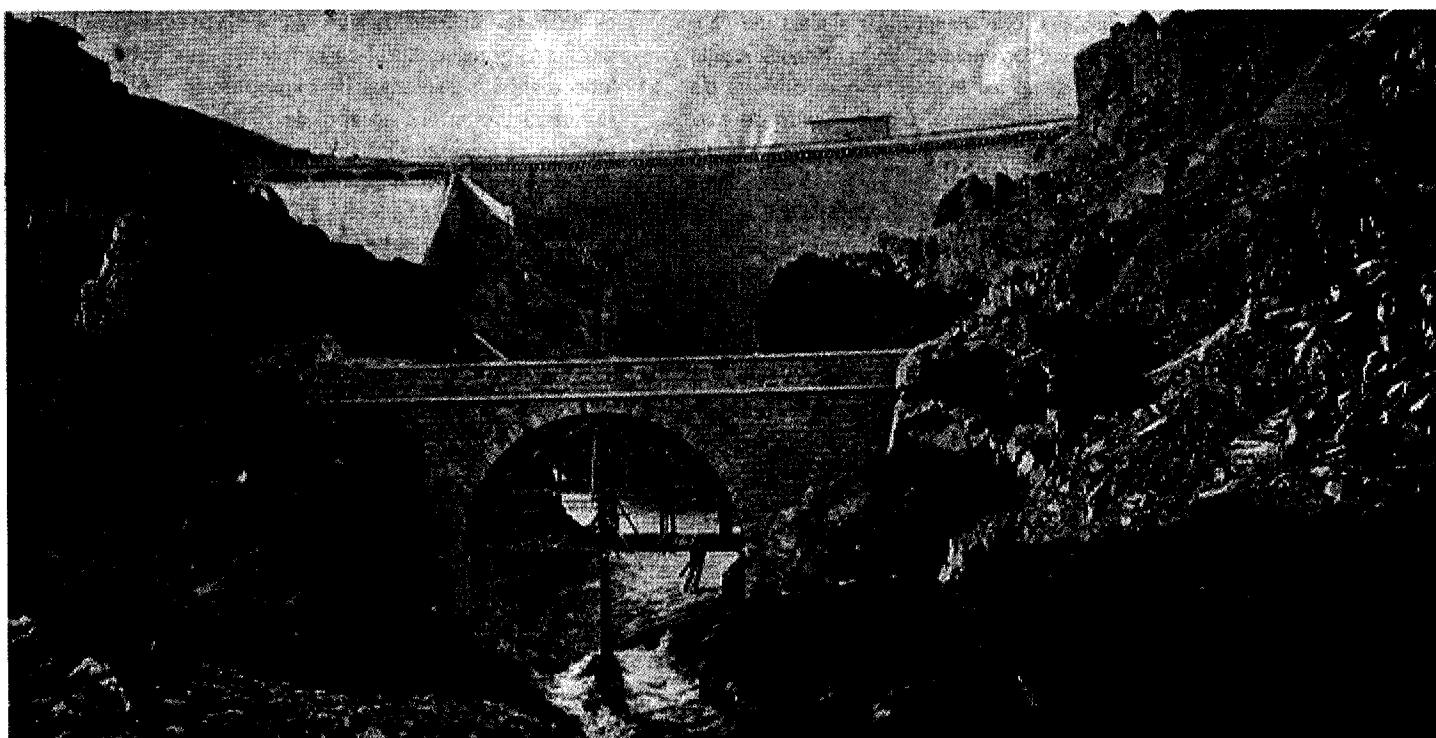
Sin embargo, en gran parte de las cuencas vertientes al río Lozoya, aguas arriba de la presa de El Villar, se continuaba con el proceso de transformación de zonas boscosas a tierras de labranza de la misma manera que había sucedido anteriormente aguas abajo. Esto suponía la destrucción de la capa vegetal que aseguraba el terreno y aumentaba la cantidad de sedimentos transportados por el río, al erosionarse más fácilmente las laderas cada vez que aparecían fuertes lluvias. Precisamente, en junio de 1915 se producen unas lluvias torrenciales que originan un gran arrastre de arcillas, enturbiándose completamente las aguas, hasta ese momento cristalinas, del embalse de El Villar. "Tan persistente fue ésta [turbidez], aunque mucho menor en intensidad que las que se desarrollaban en los años anteriores á la construcción del Canal Transversal, que aun después de aclaradas las aguas del río y sus afluentes, las del embalse continuaron turbias durante el mes de Julio siguiente" (5).

Habiendo hecho desaparecer la causa principal de las turbias de más bulto, las llamadas rojas que se originaban aguas abajo de la presa de El Villar, quedaba aún por destruir la segunda causa: las turbias que se producían aguas arriba.

DISTINTOS ENFOQUES DEL PROBLEMA DE LAS TURBIAS

Como ya hemos comentado, el Canal de Isabel II fue pionera en el desarrollo de grandes abastecimientos con aguas superficiales, por eso, los sucesivos fracasos encami-

Fig. 4. Canal transversal, 1912. Acueducto sobre el río Lozoya. Fotografía Archivo CYII.



nados a solucionar totalmente el problema de la turbidez en el agua provocan diversos movimientos críticos, en los que algunos ya no sólo se plantean la idoneidad de las medidas realizadas sino el mismo sistema de abastecimiento empleado. Se ha creído conveniente incluir en el presente trabajo dos de estas corrientes para atestiguar el clima de discrepancia que debió existir en la época. Sus posiciones, se pueden resumir de la manera siguiente:

- La protección y reforestación de las zonas de captación del agua, buscando una recuperación del entorno medioambiental y una disminución de las erosiones y posteriores enturbamientos, fue la propuesta que realizó el Cuerpo Nacional de Ingenieros de Montes para resolver el problema de la turbidez del agua.
- La explotación y recarga de las aguas subterráneas, de calidad mucho más constante que las superficiales, era la solución para diversos técnicos, entre los que destacaba Horacio Bentabol y Ureta, quien abogaba por un abandono de las técnicas de aprovechamiento de aguas de presas y embalses debido a los habituales problemas de turbiedad.

PROTECCIÓN Y REFORESTACIÓN DE LAS CUENCAS DE TRIBUTACIÓN DE AGUAS

"Conocido es el efecto que las masas arbóreas producen sobre el terreno en que vegetan, y poco habremos de insistir, por lo tanto, sobre el hecho de que esas masas le defiendan contra la denudación, con la triple barrera de las copas de los árboles, que atenúan los efectos del choque de las aguas y lluvia torrenciales; de la capa de mantillo que cubre los suelos de los montes, y que, á modo de inmensa esponja, empapa el agua, regularizando de esta manera la circulación interna del agua absorbida y el gasto de la que en perennes manantiales vuelve á la superficie, al mismo tiempo que las raíces de las mismas masas comprimen las capas térreas del subsuelo, impidiendo los derrumbamientos de éste" (10).

A la par que el Canal de Isabel II centraba sus recursos en resolver el problema de la turbidez del agua con una serie de actuaciones basadas en paliar los efectos más que en corregir sus causas, el Cuerpo Nacional de Ingenieros de Montes, a petición de una comisión creada el 28 de junio de 1888, presenta, a través de Santiago de Olazábal, una propuesta con un nuevo enfoque para ayudar a resolver el problema de la turbidez. En el estudio que se presenta el 25 de febrero de 1895, Olazábal expresaba lo siguiente: *"Aparte de las soluciones que caen fuera de nuestro cometido, hay una que entra de lleno en él, no exenta tampoco de grandes dificultades, de resultados relativamente lentos, pero que al mismo tiempo que concluiría con las turbias, produciría bienes óptimos á esta comarca...*

...redimiéndoles del aislamiento y estado de atraso perdurables a que han vivido y viven condenados, á pesar de hallarse distantes sólo 80 kilómetros de la capital del Reino. Inútil es que añadamos que el medio á que aludimos es el de repoblación arbórea, precedida o acompañada de los trabajos de corrección de pendientes y de consolidación de las márgenes de las barranqueras y alcabenes".

En dicho informe se describían claramente una de las causas fundamentales que habían producido la aparición de la turbidez en la cuenca del Lozoya: *"La desamortización forestal, que tanto estrago ha producido en el modo de vivir de la población montañesa, tiene aquí muestra palpable de sus funestos resultados". "...Por donde quiera que volvamos la vista [se encuentran] montes descuajados de su vuelo arbóreo y despojados, por lo tanto, de su intrínseca valía, sin que por nada positivo haya sido sustituido, como no sea por un matorral misérrimo, pasto propio no más que para la cabra, que forma el último y más despreciable rango de la riqueza pecuaria".* A estas razones sumaba Madariaga, en su publicación de 1910, la que ya hemos citado antes: *"... aunque parezca extraño, que la misma empresa del Canal, que hoy lamenta tan frecuentes enturbamientos de las aguas, fué la causa inconsciente del desarrollo de este mal" (9).*

Aprobado su proyecto tanto por la Dirección General de Agricultura como por la Junta de Obras Públicas, se habían iniciado los expedientes de expropiación de 2.816 hectáreas en los términos de Alpedrete de la Sierra (Gadálajara) y de El Atazar (Madrid), mediante Real decreto de 13 de julio de 1897. En el año 1902, se decide reducir hasta la cantidad de 356 las hectáreas a expropiar debido a la gran cantidad de problemas que habían presentado dichos expedientes de expropiación. Se toma posesión de dicho terreno en abril de 1904 en el término de Alpedrete y comienzan las labores de reforestación y protección de las cuencas el día 11 de ese mismo mes.

Lo cierto es que, a fecha 30 de abril de 1910, se habían repoblado o protegido 744 hectáreas de terrenos en la zona de influencia de las aguas turbias con un coste total de 136.187,40 pesetas. Aparte de acabar con la turbidez del agua, los defensores de estas técnicas les reconocían otra serie de ventajas adicionales. En primer lugar se creaba una *"... riqueza positiva"*, en segundo resultaba mucho más económico que las grandes obras de ingeniería y en tercero *"... se obtiene la ventaja de no eliminar cuenca de tributación de aguas"*, como venían haciendo las sucesivas medidas tomadas por el Canal a lo largo de los años de lucha contra las aguas turbias.

APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Dentro de estas propuestas debemos destacar el plan general de actuación presentado por D. Horacio Benta-

bol y Ureta, que refleja en su libro, "Las aguas de España y Portugal", publicado en 1900 en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*.

En este plan de actuación sobre las aguas, destaca los grandes inconvenientes, que desde su punto de vista tiene la construcción y explotación de las presas y embalses, *"cuyos proyectos recuerdan mucho el cuento de la lechera, ya que con la llegada de las turbias hay que dejar vacío el embalse, y de este modo, los millones de metros cúbicos del proyecto se reducen á poco mas que nada: al agua que se ha podido acumular desde la última turbia a que hubo que dar salida, en una estación en que las lluvias y el caudal del río van escaseando"*(11).

El autor propone descartar por completo el aprovechamiento de las aguas superficiales, pasando a un aprovechamiento de las aguas subterráneas, dadas sus constantes características. Para ello propone la realización de una serie de pequeñas obras superficiales, como surcos horizontales, zanjas, muretes en seco, mamparas, empalizadas, telones, hoyos, balsas y llamadas, bardales, barreras de árboles, bancales, presas en seco, muros de estrechamiento..., que ayuden a conducir el agua de lluvia hasta el subsuelo, quedando allí embalsada en acuíferos y pozos. El objetivo de estas actuaciones es reducir la velocidad del agua por las laderas inclinadas de las montañas, facilitando así la mayor infiltración del agua en el terreno, evitando los arrastres de finos en la superficie, que destruyen la capa vegetal del terreno y disminuyen la capacidad de filtración que éste posee. A la vez, se evitan las grandes acumulaciones de agua que se producen en la parte baja de los valles, que quedan inundados haciéndolos inútiles para el aprovechamiento agrícola. Pero las obras propuestas más importantes eran las ejecutadas en el subsuelo para almacenar el agua filtrada de la superficie, para ello plantea usar las cavidades naturales, acuíferos, antiguas minas, embalses subterráneos artificiales, pozos, cisternas, galerías subterráneas y otras. Por último, este plan hidrológico se caracteriza por la propuesta de la creación de una Dirección Hidrogeológica Central, *"que deberá asumir todas las competencias en cuanto a la ejecución del plan, estudio de las cuencas, control de la explotación y vigilancia de las aguas de toda la España"*.

LA VICTORIA SOBRE LAS AGUAS TURBIAS

Limitado el problema a la eliminación de la turbidez de aguas arriba, se diversifican las actuaciones del Canal en dos vertientes muy diferentes. Por un lado, se intentará recuperar ambientalmente la zona reforestando y realizando diversas obras de defensa en el río. Por el

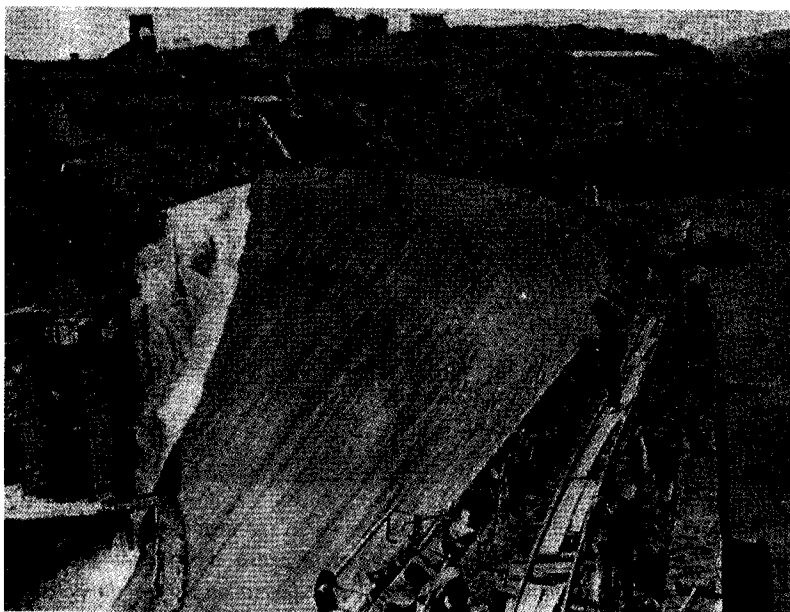


Fig. 5. Presa de Puentes Viejas. Fotografía Archivo CYII.

otro, se plantea la construcción de un complejo entramado de embalse y canales que impidan la contaminación de las aguas almacenadas por la esporádica presencia de las turbias. Aunque el Canal barajó estas dos líneas diferentes de actuación, claramente favoreció a la última de ellas, dejando en un segundo plano y destinando menor cantidad de recursos a las labores de recuperación de la capa vegetal. Finalmente, escuchando las reiteradas recomendaciones del Cuerpo Nacional de Ingenieros de Montes, en la década de 1910 elaboró y llevó a acabo un plan de compra de terrenos para su reforestación, llegando a adquirir 2.000 hectáreas para tal fin.

La segunda vía de actuación, la que podríamos denominar ingenieril, incluía la construcción tanto del embalse de Puentes Viejas como la de los *Canales de Aislamiento del Tenebroso* (presa auxiliar del sistema inmediatamente aguas debajo de Puentes Viejas) con unos propósitos bien definidos; *"aumentar el caudal de agua, desviar las turbias que se produzcan aguas arriba del Villar y mejorar sus condiciones de potabilidad por los importantes efectos de autodepuración que los embalses producen, y servir de primer recipiente para que autodepuradas en él las aguas del río, fueran á parar a la presa del Villar y sufrieran una nueva autodepuración"* (5) (figuras 5 y 6).

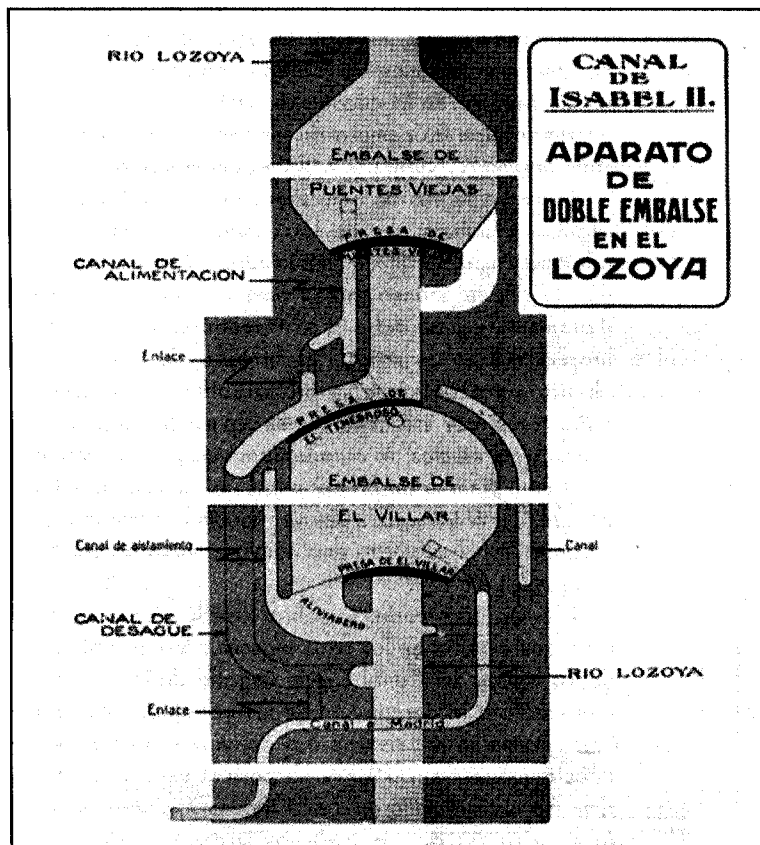
Una vez terminadas las obras quedó diseñado el sistema que evitaría en los años sucesivos la contaminación de las aguas del Canal con la llegada de las turbias al Lozoya. Para la descripción de los trabajos realizados y funcionamiento del sistema nos apoyaremos en Severino Bello Poëyusan, en su *Memoria para la Exposición Iberoamericana de Sevilla en 1929* (figura 7): *"Para facilitar la exposición de los trabajos prescindiendo del orden*



Fig. 6. A la izda, presa auxiliar de El Tenebroso, a la dcha., canal de desagüe de avenidas y aguas turbias. Fotografía Archivo CYII.

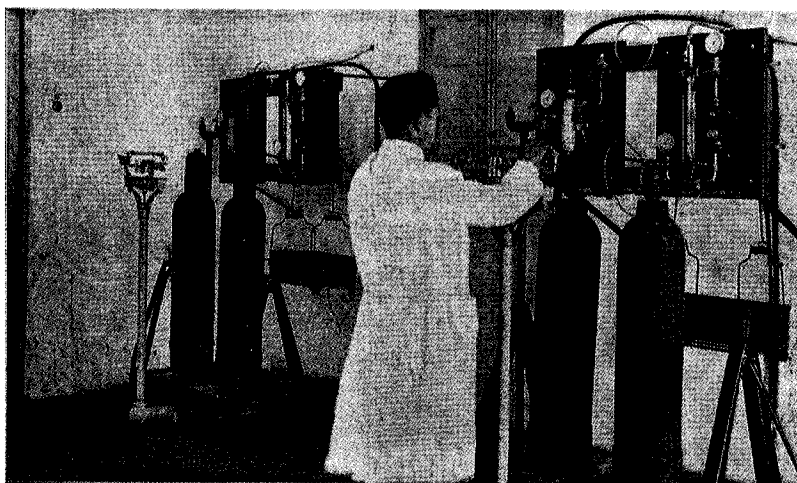


Fig. 7. Archivo del CYII.



pañía del aparato de doble embalse. Aparece el río de alto a bajo con los dos lagos; arriba el de Puentes Viejas, abajo el de El Villar (recortados ambos por los medios para que quepan en la figura). Cuando el primer lago está claro da agua al segundo por un canal lateral que se ve a la izquierda comunicando entre los dos. Si el río viene turbio, el agua se sedimenta y aclara en el primer lago antes de pasar al segundo. Si la turbia persiste rebasando la capacidad del primer lago, se evacua el agua sucia por el cauce de río intermedio entre ambos y se deriva por la presa auxiliar del Tenebroso a un gran canal que se ve lateral al segundo lago, para verter al río por debajo de él. Los arroyos directos al embalse de El Villar tampoco pueden alcanzarle, porque son recogidos en dos colectores laterales que desaguan también por debajo del segundo lago. El agua de este segundo lago, siempre clara, es la que viene a Madrid por el canal cubierto que se indica en la parte baja del cuadro. Además, el agua se depura bacteriológicamente en los dos embalses, pues a las pocas semanas de estacionar en ellos perecen los gérmenes patógenos que pudo arrastrar el río. Este grupo de obras, con grandes excavaciones y túneles en rocas durísimas, ha costado unos 20 millones de pesetas pero ninguna ciudad del Mundo posee nada más completo ni perfecto" (3).

Aunque leyendo las palabras de Severino Bello dé la sensación de que la idea del doble embalse autodepurador fue la respuesta lógica, instantánea y única para acabar resolviendo el problema de las aguas turbias, los siete proyectos que se redactan entre 1911 y 1928, relativos a canales entre los embalses de Puentes Viejas y El Villar, demuestran que fue el resultado de un largo proceso, en el que se barajaron y desecharon múltiples ideas. Describir ese "orden histórico" del que prescinde Bello en el párrafo anterior es una tarea de suficientemente entidad como para dedicarle el esfuerzo de un nuevo trabajo.



INICIOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA EN EL CANAL DE ISABEL II Y SITUACIÓN ACTUAL

Tras la aplicación del sistema de doble embalse autodepurador quedó solucionado el problema de las turbias. Además, como se ha observado en el texto, se comienza a introducir el concepto del tratamiento de aguas para abastecimiento en España, el cual se reduce con este sistema a una decantación prolongada. Ello propició que se descartaran otros métodos de filtración y cloración, que empezaban a surgir en Europa y EEUU, por considerarse este proceso de autodepuración más que suficiente.

Poco a poco se fueron introduciendo las técnicas extranjeras de tratamiento del agua y ese fue el sentido que tuvo la construcción en los años veinte de la *Estación de Cloración de Torrelaguna*. Fue considerada como la primera estación de tratamiento en España, iniciándose desde entonces por parte del laboratorio del Canal el análisis sistemático del agua para controlar su potabilidad (figura 8).

Resulta interesante leer la descripción que hace de ella Severino Bello: *"Aunque los grandes embalses destruyen los gérmenes peligrosos, a mayor abundamiento se ha montado en Torrelaguna una instalación para tratar el agua de abastecimiento de Madrid por el cloro... Esta situada al pie del salto del canal en dicho lugar, esto es, alejada de Madrid, como en Nueva York. El cloro se aplica en disolución con aparato dosificador adecuado, el cual es doble, en previsión de averías. La instalación está dotada de personal, material y accesorios, todo preparado para funcionar inmediatamente"* (4).

El buen funcionamiento del "peculiar" sistema de tratamiento de aguas por doble embalse supuso la incorporación tardía de las técnicas de filtración, que se estaban desarrollando en Europa y Norteamérica, en el proceso de abastecimiento de Madrid. No es hasta el año 1967,

Fig. 8. Estación de Cloración en Torrelaguna. Fotografía Archivo CYII.

con la construcción de la *Estación de Tratamiento (ETAP) de Torrelaguna*, cuando se introducen finalmente, por parte del *Canal de Isabel II*, estos procesos. Hay que destacar por tanto, que el sistema de autodepuración de doble embalse funciona perfectamente durante 42 años, en los que no vuelve a aparecer el problema de las aguas turbias.

De los componentes del sistema de doble embalse autodepurador, hoy en día han quedado fuera de uso tanto los *Canales de Aislamiento* del embalse de *El Villar*, como las pequeñas presas situadas en los arroyos vertientes al citado embalse (*Entretúneles, El Merenda*). Estas presillas, cuya misión era desviar hacia los canales de aislamiento el caudal de los arroyos que vertían sobre el embalse de *El Villar*, impedían posibles enturbiamientos y aseguraban el completo aislamiento de las aguas ya embalsadas. Al abandonarse el sistema de doble embalse autodepurador fueron perforadas con un doble objetivo: recoger dichas aguas ya que los canales no funcionaban como tales y permitir aprovechar las partes finales de los canales de aislamiento como desagües de medio fondo del embalse de *El Villar*. La presa auxiliar del *Tenebroso* también fue perforada, ya que esta última suponía un grave problema en la época de crecidas por las inundaciones que se producían en la central hidroeléctrica construida en 1995 aguas abajo del embalse de *Puentes Viejas* (figura 9).

CONCLUSIONES

La primera conclusión, y quizás la más evidente que se desprende de lo expuesto, es la importancia del *respeto al medioambiente*. Inevitablemente, todas las infraestructuras suponen una modificación de las condiciones naturales del entorno en el que se ubican. Por lo general, supondrán una influencia de carácter negativo, aunque no debemos olvidar que también pueden conllevar efectos positivos. Pero esta circunstancia ineludible no exime de la realización de las medidas necesarias para minimizar dicho impacto sobre las zonas afectadas, intentando buscar el equilibrio justo entre la necesidad de realizar obras públicas y la obligación de proteger nuestro patrimonio natural.

El problema de las *aguas turbias* en el abastecimiento de Madrid, agravada y magnificada por las roturas de la desamortización, es un ejemplo aleccionador, ya que la degradación del medioambiente iniciada en la zona de las obras supuso la principal causa del mal funcionamiento de la propia infraestructura, creando una absurda paradoja: la construcción del canal, que tenía como objeto traer aguas puras y cristalinas desde el río Lozoya, inició el proceso de enturbiamiento de estas mismas

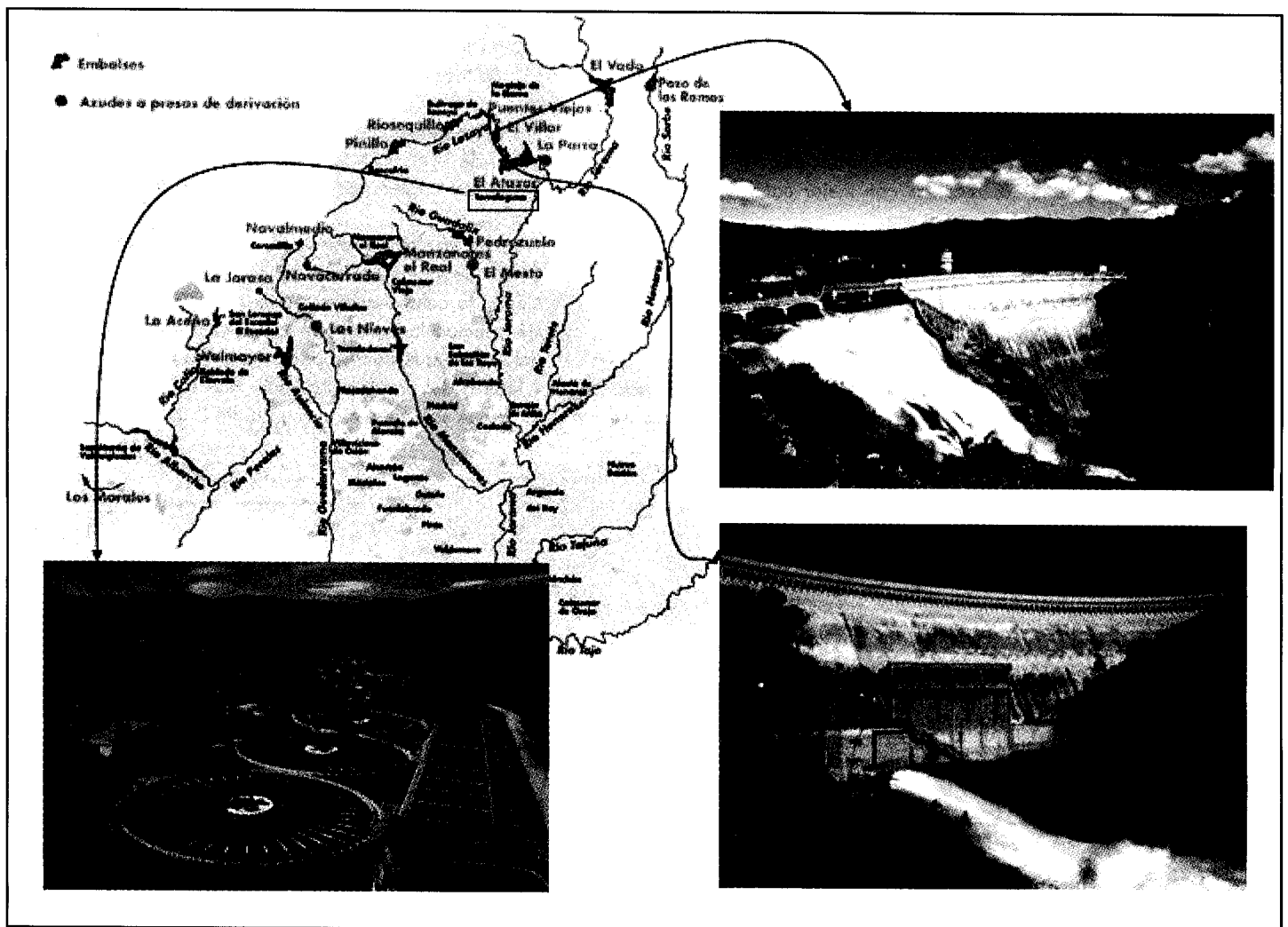


Fig. 9. Situación y estado actual de las presas de Puentes Viejas y El Villar, y de la Estación de Tratamiento de Aguas Potables de Torrelaguna (Fotografías Miguel Ángel Gómez, CYII).

aguas, que ya no cumplían las condiciones idóneas para el abastecimiento de Madrid. Sesenta y siete años y una cantidad ingente de recursos fue el precio que se pagó para solucionar el problema de las turbias.

Otro aspecto a resaltar es el ingenioso mecanismo desarrollado por el Canal de Isabel II para solucionar esta falta de calidad del agua. Aunque comparado con las técnicas actuales de tratamiento de aguas, pueda parecer un sistema anacrónico y desfasado, no debemos olvidar que funcionó correctamente durante cuarenta y dos años y que en la época de su diseño y construcción fue una verdadera apuesta por un sistema pionero, que se despegaba completamente de las tendencias que estaban siguiendo todas las grandes ciudades del mundo. La tardanza de la implantación de las estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAP) en el abastecimiento de Madrid se debe en gran parte a los buenos resultados que se obtuvieron. Por lo tanto, este original, efectivo y sorprendente sistema de doble embalse autodepurador

puede ser considerado perfectamente como un claro precursor de los denominados métodos extensivos o blandos de tratamiento de agua.

Finalmente, este sistema acabaría siendo desplazado por los métodos intensivos o duros (a los que pertenecen las ETAP), debido a las ventajas que estos presentan, fundamentalmente, por menores tiempos de retención de las aguas, instalaciones más reducidas y resultar más sencillo el control industrial y sanitario del proceso.

Pero la historia de las turbias no quedaría cerrada sin una última reflexión de carácter positivo: en los últimos 50 años, la deforestación y erosión de la cuenca del Lozoya no sólo se ha detenido; al contrario: gracias a las labores de reforestación que se han efectuado por las administraciones públicas y al abandono de la extracción de leña de los montes como combustible, el estado ambiental de la cuenca es ahora muchísimo mejor que en los tiempos de las turbias (basta comparar las fotografías actuales con las de finales del siglo XIX). En consecuen-

cia, la turbidez actual del agua de los embalses del Lozoya es tan baja que, en ocasiones, cumple ya las condiciones de potabilidad antes de su tratamiento, y los sedimentos depositados en los embalses son irrelevantes. Podríamos decir que la naturaleza tiene amplio poder de regeneración ... si se le da oportunidad; y, a la vez, nos proporciona sus recursos con mejor calidad y de forma más económica para su uso.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo es una versión reelaborada del estudio "Solución histórica a las aguas turbias en el abastecimiento de Madrid", redactado por el primero de los au-

tores y Juan Ignacio Horno Nieto, Ingeniero de Caminos, como trabajo de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid en el año 2002, a partir de las ideas y orientaciones del segundo de los autores, y presentado al concurso anual de Uralita Obra Civil en dicho año. Las presentes líneas son un reconocimiento a dichas personas e instituciones.

Asimismo es de destacar el apoyo prestado por el Gabinete de Comunicación del Canal de Isabel II, agradeciendo la colaboración de María Fuentes, Jefe de la División, Inmaculada Figueras y demás personas del Archivo del Canal, que han proporcionado los datos, documentos y figuras del presente trabajo y han guiado a los autores en lo que se refiere a la historia del Canal de Isabel II. ■

REFERENCIAS

- (1) Denominación procedente del latinismo medieval *via aquae*. LÓPEZ-CAMACHO Y CAMACHO, BERNARDO. *Pasado y Presente del Abastecimiento de agua a Madrid*. Texto del ciclo de conferencias "La Ingeniería del agua en España en el siglo XIX organizado por la Fundación Canal de Isabel II y la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Fundación Canal de Isabel II (2002).
- (2) LÓPEZ-CAMACHO, B.; BASCONES, M.; DE BUSTAMANTE, I.. *El antiguo abastecimiento a la Villa y Corte: "Los viajes de agua"*. En "El agua subterránea en Madrid". Boletín de Informaciones y Estudios nº 46. Servicio Geológico. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Junio 1986.
- (3) BELLO POËYUSAN, SEVERINO. *Información del Canal de Isabel II que abastece de agua a Madrid. Exposición Iberoamericana de Sevilla*. Canal de Isabel II. Madrid. 1929.
- (4) BELLO POËYUSAN, SEVERINO. *El Guadarrama, Madrid y el agua del Lozoya*. Diana.- Artes Gráficas. Madrid. 1929.
- (5) AGUINAGA, RAMÓN DE. *Memoria sobre las turbias del Lozoya*. Madrid. Canal de Isabel II. 1916.
- (6) "Heraldo de Madrid". 8 de octubre de 1896.
- (7) En algunos escritos el topónimo usado es el de Navalejos. Esta presa derivaba el cauce de Lozoya antes de llegar a El Pontón de la Oliva mediante un canal que conducía el agua hasta el canal primitivo. Por problemas de aterramientos se tuvo que abandonar en 1903 trasladándose la toma a la presa de la Parra. BELLO POËYUSAN, SEVERINO. *ob. cit.* nota 3.
- (8) BLÁZQUEZ PRIETO, FRANCISCO. *Obras Complementarias en la Presa de El Villar (Siglo XIX)*. Texto de la comunicación presentada en el I Congreso Nacional de Historia de las Presas (Mérida). Noviembre 2000.
- (9) Juan Ángel de Madariaga describe en su publicación la realización del siguiente experimento: "En 25 de Mayo de 1906, se depositó en cuatro frascos agua con materiales de dilúvium rojo, procedente de los alcabenes del Chozo y Chocito, afluentes del Rofredillo... Conservadas sin moverse, en 20 de Marzo de 1907 aún estaba turbia el agua....". MADARIAGA, D. JUAN ÁNGEL DE. *Turbias Rojas del Río Lozoya. Trabajos ejecutados para corregirlas*. Cuerpo Nacional de Ingenieros de Montes. Inspección de Repoblaciones Forestales y Piscícolas. Madrid. 1910.
- (10) Cita textual de D. Santiago de Olazábal. MADARIAGA, D. JUAN ÁNGEL DE. *ob. cit.* nota 9.
- (11) BENTABOL Y URETA, HORACIO. *Las aguas de España y Portugal*, (1900). Texto editado por el Instituto Tecnológico Geominero de España. Ediciones El Viso. Edición única de 1000 ejemplares, noviembre de 1995. Madrid 1995.
- (12) Este recrecimiento fue terminado en 1939.