

JOAN F. MATEU BELLÉS*

INSTITUCIONALIZACIÓN DEL SERVICIO HIDROMÉTRICO EN ESPAÑA

A la Profesora Dra. Concepción Sanz Herráez, catedrática emérita de Geografía Física de la Universidad Autónoma de Madrid, por su trayectoria universitaria.

RESUMEN

La institucionalización del servicio hidrométrico en España estuvo muy condicionada por las dos orientaciones sucesivas de la política hidráulica en el período de entresiglos (1870-1920). En el período que el liberalismo cedió a la iniciativa privada la ejecución de las grandes obras de regadío con muy escasos resultados, hubo muchos aforos esporádicos de estiaje, pocas escalas fluviométricas, alguna red local de estaciones de aforos y puntuales anuncios de crecidas en algún río peninsular. Por el contrario, cuando el regeneracionismo corrigió el rumbo y asignó al Estado la ejecución de un vasto plan de canales y presas, simultáneamente se reformó la administración hidráulica, se implantó en pocos años la red de aforos en cada cuenca hidrográfica y se estructuró un servicio de aforos (con criterios productivos) y un servicio de anuncio de crecidas (con fines predictivos). Este largo proceso no fue ajeno, entre otros factores, al desarrollo del servicio hidrométrico en otros estados europeos, ni a la renovación o creación, por esos mismos años, de otras redes y servicios de observación de la naturaleza en España con el concurso de las nuevas redes tecnológicas (telégrafo, teléfono, etc.).

PALABRAS CLAVE: servicio hidrométrico, red fononómica, estaciones de aforo, escalas fluviométricas, previsión y anuncio de crecidas, anuario de aforos, regeneracionismo hidráulico, España.

ABSTRACT

THE INSTITUTIONALIZATION OF THE HYDROMETRIC SERVICE IN SPAIN

The institutionalization of the hydrometric service in Spain was strongly influenced by the two successive lines of water policy in the period between centuries (1870-1920). In the period when *Liberalism* ceded to private initiative the implementation of major irrigation works with very poor results, there were many sporadic gauging of dry season low water level, a few gauging scales, some local network of gauging stations and isolated flood warnings in some peninsular rivers. On the contrary, when the *Regenerationism* movement gave the State the execution of a vast plan of channels and dams, the water administration was simultaneously reformed, a gauging network was implemented in each watershed in a few years and a gauging service was structured (with productive criteria) and a flood warning service (for predictive purposes). This long process was not unrelated to, among other factors, the development of the hydrometric services in other European states, or the renewal or establishment by those same years, of some other observation

* Departament de Geografia. Universitat de València. juan.mateu@uv.es.
Este trabajo se inscribe en el proyecto CSD 2012-32367

networks and services in Spain with the help of the new technological networks (telegraph, telephone, etc.).

KEY WORDS: hydrometric service, gauging network, gauging stations, gauging scales, flood forecasting and warning, gauging yearbook, Spain.

En el periodo de entre siglos se produjo un verdadero descubrimiento científico y técnico de la *naturaleza patria* (CASADO, 2010,12). Fue un tiempo de gran vitalidad durante el cual voces reformistas clamaron por superar el retraso del saber naturalista (GÓMEZ MENDOZA y ORTEGA, 1988) mediante la renovación y mejora de instituciones anquilosadas, la creación de nuevos medios de difusión científica, la implantación de redes de observación o la asimilación de las experiencias europeas más positivas. Muchos de esos servicios se sirvieron de redes tecnológicas (telégrafo, teléfono, ferrocarril, etc.) cada vez más densas en el territorio.

España seguía siendo eminentemente rural. El ideario regeneracionista consideraba la política hidráulica como uno de los más sólidos fundamentos para impulsar las necesarias reformas económicas y sociales (ORTEGA, 1995). La apuesta liberalizadora de las leyes de Aguas de 1866 y 1879 no fue suficiente para que la iniciativa privada promoviera la construcción de canales y pantanos. Por ello este *laissez faire* hidráulico fue cuestionado por algún destacado ingeniero de la Restauración, especialmente Mariano Royo en Zaragoza, Ramón García Hernández en Zaragoza y Murcia o Rafael Yagüe en la Valencia finisecular. En su opinión –asumida después por el cuerpo de ingenieros de Caminos– las obras hidráulicas no debía confiarlas a la iniciativa de grandes empresas, ni podían acometerlas las descapitalizadas comunidades rurales ribereñas. Tampoco podía impulsarlas la administración hidráulica cada vez más raquítica en efectivos y objetivos (MATEU, 1995). Tras el desastre de 1898, hubo una corrección de rumbo y el regeneracionismo confió a la iniciativa estatal la ejecución de un vasto plan de pantanos y canales de riego como palanca para una efectiva transformación social y territorial (ORTEGA, 1999). Para ejecutarlo se reorganizó el servicio hidráulico; el cambio tuvo su traslación inmediata al servicio de aforos (MATEU *et al.*, 2012).

La institucionalización de la hidrometría en la España de entre siglos no fue ajena a las experiencias fluviométricas desplegadas en numerosos estados europeos en la segunda mitad del siglo XIX. De otra parte el nacimiento de la red foronómica española fue coetánea de la renovación y socialización del servicio meteorológico, del desarrollo del servicio sísmico, etc. Tales paralelismos subrayan la dimensión positivista de las redes de observación de la naturaleza que compartían además objetivos productivos y predictivos. En el proceso de implantación de las redes foronómicas e institucionalización de los servicios de aforos y de anuncio de crecidas hubo iniciativas pioneras de algunos ingenieros que se adelantaron a las órdenes e instrucciones de la administración española. Como señala Anduaga (2009, 36), a falta de estaciones que proporcionaran experiencia y práctica, era imposible organizar una red o servicio; y a falta de servicio era difícil pensar en la institucionalización. A menudo las catástrofes naturales impulsaron, canalizaron y catalizaron un proceso cuyos hitos más destacados fueron el establecimiento de alguna red hidrométrica local y el embrión de un servicio de anuncio de crecidas. Por todo ello la implantación del servicio de aforos culminaba décadas de tejer y destejer en la *hidrometría patria*.

El proceso de institucionalización de la foronomía de entre siglos no fue ajeno a factores sociales, científicos, técnicos y profesionales. La implantación no solo implicaba las estaciones de aforos, los técnicos que las gestionaban o los marcos normativos, sino también los cambios

de rumbo de la política hidráulica, las transformaciones de las estructuras productivas e incluso el impacto social de los sucesos hidrológicos extremos. Este trabajo, que analiza este complejo entramado, trata de demostrar que practicar aforos en una estación es una cosa; crear una red fononómica y un servicio hidrométrico, otra muy distinta.

LABOR HIDROMÉTRICA DE LAS DIVISIONES HIDROLÓGICAS DURANTE LA RESTAURACIÓN

“... para poder formar la estadística de las aguas corrientes con buenos datos en beneficio de la prosperidad del país, es indispensable hacer un estudio concienzudo de los ríos, lo que no llegará a conseguirse con comisiones temporales, por muy expertos que sean los ingenieros, si se quiere conocer bien los estados del agua y su influencia en el régimen, hay que vivir sobre los ríos algunos años”

GARCÍA OTERO, 1846

Las divisiones hidrológicas fueron el embrión de los actuales organismos hidrográficos de la administración española, aunque con notorias diferencias organizativas y competenciales. Las diez divisiones, creadas en 1865, fueron oficinas de estudio y reconocimiento de los aprovechamientos; aunque mermadas de recursos desplegaron una meritoria labor de evaluación hidrológica y una cuantificación hidrométrica de los estiajes por medio de extenuantes campañas de aforos, al estilo de las efectuadas por las brigadas hidrológicas de la Junta General de Estadística (MATEU, 1996). Este programa se mantuvo hasta la supresión de las divisiones en 1871, con resultados fononómicos escasos (MATEU, 2004). La gran movilidad de las brigadas de aforos en épocas de estiaje apenas permitía la práctica repetida de aforos en el mismo lugar y continua en el tiempo¹. Desde el principio de las divisiones hidrológicas, las urgencias administrativas impuestas por la ley de Aguas de 1866 priorizaron las mediciones del caudal de estiaje en detrimento del caudal diario. Mientras “en algunas naciones se observa diariamente la altura, sobre escalas establecidas de antemano, formándose catálogos de inestimable valor” (ALMAZÁN, 1858), aquí hubo demasiada prisa, disfunciones, escasa publicidad de los aforos y grandes dosis de pionerismo.

En los albores de la Restauración el clima de competencia y tensión por los recursos hidráulicos se mantenía entre los usuarios. Había sobradas razones para reactivar las divisiones hidrológicas. Un decreto de 13 de agosto de 1876 creó la Comisión Central Hidrológica y restableció cinco divisiones hidrológicas como oficinas de estudio de los principales ríos peninsulares para tener conocimiento exacto “de la cantidad de agua que conducen nuestros ríos, de los aprovechamientos actuales y de los medios para utilizar sus corrientes”. Entre los trabajos encomendados por la *Instrucción* de 13 de octubre, destacaban la práctica de aforos de estiaje² y el seguimiento

- 1 Hubo alguna excepción como las escalas del Bocal y Zaragoza donde se efectuaron lecturas diarias del caudal del Ebro a las 12 horas y las escalas sobre el Tajo en Fuentidueña y Aranjuez, donde se practicaban observaciones tres veces al día (MATEU, 2004)
- 2 En 1886 había en Suiza 57 estaciones de aforos, nueve de las cuales provistas de limnógrafo. Veinte años después, el servicio hidrológico suizo ya contaba con 24 limnógrafos, que registraban automáticamente el nivel todas las horas y medias horas (BUREAU HYDROMÉTRIQUE FÉDÉRAL, 1909).

de las avenidas³ en aquellos puntos en que “era más necesario conocer el caudal” para otorgar concesiones solicitadas o intentar nuevas derivaciones. En los primeros años la Comisión Central Hidrológica impulsó la confección de numerosos *Itinerarios* de los ríos. Una R.O. de 23 de marzo de 1881 creó las divisiones hidrológicas de Valencia (Júcar y Segura) y Lugo (Miño) que se unían a las cinco ya operativas de Valladolid (Duero), Madrid (Tajo), Ciudad Real (Guadiana), Córdoba (Guadalquivir) y Zaragoza (Ebro).

Desde 1878 a 1881 hubo una gran actividad de las brigadas de aforos en cada una de las divisiones, aunque con objetivos y métodos distintos: en las cuencas del Ebro y del Guadalquivir fueron más habituales las instalaciones de escalas fluviométricas en tramos no acondicionados con lecturas diarias durante varios meses o todo el año, mientras en las del Duero, Tajo y Guadiana subsistía la inercia de la práctica de aforos de estiaje en secciones cambiantes⁴. La publicación *Aforos practicados en las cuencas de los ríos Ebro, Guadalquivir, Guadiana, Tajo y Duero durante 1881* (DGOP, 1882) ya se estructuró como un moderno anuario foronómico, con anotaciones diarias ordenadas por divisiones hidrológicas. Por su parte la segunda edición del *Tratado de Aguas y Riegos* de Andrés Llauredó (1884) incorporó resultados de las campañas de aforos de 1878, 1879, 1880, 1881, 1882 e, incluso, 1883. También la administración hidráulica publicó los resultados de estas campañas de aforos (DGOP 1878 y 1881), pero la serie quedó interrumpida hasta los años finales del siglo XIX (DGOP, 1894, 1896, 1898).

Los trabajos de las divisiones de Madrid, Valladolid, Ciudad Real y Lugo no tuvieron la necesaria continuidad porque una R.O. de 8 de abril de 1886 las suprimió y sólo subsistieron las de Zaragoza (a partir de entonces denominada del Ebro), Córdoba (llamada del Guadalquivir) y la de Valencia (convertida en División Hidrológica del Júcar y Segura). En realidad se iniciaba una nueva etapa más encaminada a la planificación y ejecución de obras hidráulicas⁵.

En los últimos años del siglo XIX, aunque las tres divisiones hidrológicas subsistentes siguieron practicando aforos, las experiencias foronómicas más interesantes se dieron en la del Guadalquivir y en la del Ebro. En la primera el ingeniero jefe Rafael Navarro aplicó el principio que “para obtener resultado útil de los aforos es indispensable que sean ejecutados en puntos fijos [escalas fluviométricas] y sosteniendo las observaciones [diarias] mucho tiempo”. Aconsejaba colocar las escalas en los puentes o en sus proximidades por ser su establecimiento “rápido, fácil y económico”. En los años finiseculares hubo hasta doce escalas operativas con lecturas diarias (MARTÍNEZ y RUIZ DE AZÚA, 1907) que pueden considerarse como el embrión de

3 Durante las últimas décadas del siglo XIX, diversos servicios hidrométricos europeos perfeccionaron los protocolos de anuncios de crecidas con el valioso concurso de las redes de telégrafos, teléfonos, etc. En 1879 Francia introdujo mejoras organizativas en el servicio a la vista de los cuantiosos daños producidos cuatro años antes por los desbordamientos del Ródano. En 1883 se implantó el servicio hidrométrico en el Rin y, tres años después, ya funcionaban 42 estaciones en el río principal y 59 en sus afluentes; en ellos se practicaban de 3 a 12 anotaciones diarias, según la altura y rapidez de la corriente, observándose además otros fenómenos (lluvia, viento, nieve, hielo, etc.) (GARCÍA FARIA, 1908).

4 El uso de escalas fluviométricas no está acreditado en estas tres últimas divisiones, excepto la del puente de San Martín de Toledo con lecturas diarias del nivel del Tajo durante 1881 (MATEU, 2004).

5 El cambio de orientación de las tres divisiones subsistentes fue casi coetáneo con la creación de algunas nuevas dependencias (Comisión de estudio para las obras de defensa de Levante, Junta de Obras del canal de Aragón y Cataluña). También deben citarse la Junta de Obras del Río y Puerto de Sevilla y otras como la Comisión regia de Consuegra-Almería, Málaga, etc. Joaquín Melgarejo (2001) ha editado el *Proyecto de Obras de defensa contra las inundaciones en el valle del Segura*, con varios estudios (del mismo Melgarejo, Gil Olcina y Muñoz) que evidencian el nuevo rumbo de la administración hidráulica en los años finales del siglo XIX.

la futura red de estaciones de aforos del Guadalquivir. Tras casi una década, las lecturas diarias se interrumpieron hacia 1898.

Por su parte la división del Ebro, además de las del Bocal⁶ y Zaragoza, mantuvo al menos la escala del Gállego en el puente de Santa Isabel de 1881 a 1899 y la del Cinca en el exmonasterio de Escarpe de 1881 a 1895 (DE LOS RÍOS y NICOLAU, 1911). La serie del Cinca, que es la más completa, presenta dos etapas: la primera alcanza hasta 1886 y, después de un traslado de la escala con un *cambio de sección*, se reanudó en enero de 1889 (GALÁN, 2005). A partir del análisis de la serie foronómica, Galán concluye que “ha habido un cambio del régimen hidrológico (del Cinca) en los últimos 120 años, atenuándose el componente nival desde final del siglo XIX, pasando de regímenes nivo-pluviales a pluvio-nivales, avanzado el siglo XX”.

En 1899 Rafael Navarro efectuó una *visita de inspección* a las tres divisiones hidrológicas: en la del Ebro lamentó que no precediera “al establecimiento de las estaciones de aforo un plan completo [de cuenca]... encaminado á conocer el caudal de las corrientes en los puntos de mayor utilidad”. En consecuencia recomendó activar un plan de estaciones básicas de aforo con ocho estaciones permanentes en el río Ebro y cuatro en sus principales afluentes (Aragón, Jalón, Segre y Cinca) y paulatinamente se ampliara con otras suplementarias. Lentamente se iba abriendo paso la utilidad de un plan de estaciones con observaciones diarias en escalas fijas.

ESCALAS Y AVISOS DE CRECIDA EN LAS DÉCADAS FINISECULARES

“... en las grandes avenidas, convendría... hacer uso del telégrafo oficial y que estos telegramas considerados preferentes fueran transmitidos a todos los alcaldes de los pueblos de aguas abajo, sin dilación...”

RAFAEL NAVARRO, 1888

En los decenios finiseculares los ríos peninsulares experimentaron numerosas avenidas catastróficas (TÉMEZ, 2006). Así el valle medio del Ebro registró importantes desbordamientos en enero de 1871 (GALÁN *et al.*, 2013), septiembre y marzo de 1875 (OLLERO, 1996, 12). En la escala de Zaragoza se superaron los 3000 m³/s en enero y febrero de 1889, enero de 1891, febrero de 1892 y enero de 1895 (López Bustos, 1972, 193). Por su parte, sendas crecidas del Guadalquivir inundaron en diciembre de 1876 y enero de 1877 la ciudad de Sevilla que acababa de derribar las murallas (SANZ, 1902; DEL MORAL, 1991). También se alcanzaron importantes calados en el Guadalquivir en diciembre de 1887, invierno y primavera de 1888, noviembre de 1891, invierno de 1892, varios momentos de 1895, diciembre-enero de 1896 y enero de 1897 (SANZ, 1902, 224). También el Duero, aguas arriba de la confluencia del Esla, registró caudales superiores a 2000 m³/s en febrero de 1880, mayo de 1881 y febrero de 1895 (MARQUINA, 1949, 377). En el caso

6 López Bustos (1972), gran conocedor de las series de aforos de la cuenca del Ebro, escribió a propósito de la dificultad de estudiar las grandes avenidas fluviales por la destrucción de las estaciones de aforo: “Las dificultades pueden, sin embargo, ser orilladas en gran parte, gracias a los testimonios proporcionados por aquellos que han sabido trabajar con la tenacidad necesaria para estas empresas, en los que es precisa una muy particular dedicación y gran constancia en el trabajo, ya que el paso del tiempo... da desarrollo y vigor a las estadísticas de la Naturaleza... Es por lo dicho un deber citar... a quienes han administrado el Canal Imperial de Aragón, con sus datos de aforos en la presa del Bocal, desde el año 1864 hasta nuestros días” (p. 192).

del Segura, además de la gran riada de octubre de 1879 que se saldó con la pérdida de más de 700 vidas humanas y cuantiosos daños materiales (CALVO, 1968-69, 112), los desbordamientos de 1884 también produjeron grandes daños (MELGAREJO, 2001), así como las riadas de septiembre de 1887 y 1888, febrero-marzo de 1890, septiembre de 1891, enero de 1898 y marzo de 1899 (LÓPEZ BERMÚDEZ, 1973, 133). Por su parte la Ribera del Júcar registró varios desbordamientos (1870, 1871, 1880 y 1893) y dos grandes avenidas en septiembre de 1884 y otoño de 1894. En los años finales del siglo XIX se incrementó la frecuencia de los desbordamientos (1897, 1898 y 1899) (RUIZ, 2002). A su vez el Turia inundó los poblados marítimos de Valencia el 30 de septiembre de 1870, mientras el 10 de noviembre de 1897 también alcanzó un sector del casco urbano (ALMELA, 1959).

Las recurrentes pérdidas en vidas humanas y los daños materiales impulsaron, entre otras acciones⁷, el establecimiento de escalas en puntos idóneos de la cuenca hidrográfica que, combinadas con el telégrafo y la incipiente red pluviométrica, ofrecían información para alertar del inminente peligro a las poblaciones ribereñas de aguas abajo. Así lo dispuso la R.O. (de 14 de febrero de 1863) de colocación de escalas métricas en los puentes construidos sobre los ríos principales de la Península y sus afluentes para la observación y aviso de crecidas a cargo del ingeniero-jefe de Obras Públicas de la provincia y la responsabilidad del gobernador civil. De otra parte las divisiones hidrológicas, según las *Instrucciones* del Ministerio de Fomento, debían reunir información de campo durante las avenidas con registro de la altura de la punta de crecida en los puentes principales y elaboración posterior de un plano de la zona inundada.

Tales prescripciones estaban vigentes durante la inundación del Ebro de 1871 (Galán *et al.* 2013), aunque la magnitud del suceso superó las previsiones. En efecto, la escala de Zaragoza “fue cubierta totalmente y después arrancada” por las aguas y solo de forma aproximada se habían podido tomar los niveles. Además “por la parte del puente de Piedra subió más de un metro y medio sobre la argolla que marcaba la mayor inundación conocida hasta entonces”. Aguas arriba, el Bocal (y su escala) quedó aislado, razón por la cual apenas pudo transmitir desde allí noticias a Zaragoza para las operaciones de emergencia y salvamento. Por su parte el ingeniero-jefe de la división hidrológica, Ramón García Hernández, que coordinaba toda la información hidrometeorológica y la transmitía a sus superiores, dibujó días más tarde la planta, perfil y sección del máximo de la avenida. Al bajar las aguas, la prensa de Zaragoza planteó si desde Tudela o el Bocal se avisó o se pudo avisar del avance de la avenida para prevención de la población de aguas abajo. Aunque, al parecer, el telégrafo también quedó afectado por la inundación, la opinión pública exigió mayor diligencia en el futuro. La lección quedó aprendida. El 28 de febrero de 1873 un telegrama desde Tudela advierte al gobernador civil que el Ebro ha crecido 3’5 m. El gobernador lo transmite al ayuntamiento de Zaragoza, se da aviso, se toman medidas de prevención y se comunica a los alcaldes de barrio. También se avisa a los ayuntamientos de

7 Los mayores desastres alcanzaron un gran impacto social, más allá de su entorno cercano, por el seguimiento de la prensa y por la difusión de imágenes dramáticas en las revistas ilustradas. Así *La Ilustración española y americana* ofreció vistas de Zaragoza durante la avenida del Ebro en 1871, de Badajoz y Mérida por desbordamiento del Guadiana en 1874 y de Córdoba y Sevilla por la crecida del Guadalquivir en esos mismos días. También publicó estampas dramáticas de varias ciudades (Balaguer, Tárrega, etc.) durante la inundación de Cataluña en 1874. La avenida del Segura de 1879 superó el alcance mediático porque imágenes de Murcia, Lorca u Orihuela se difundieron por Europa. *La Ilustración española y americana* también incluyó grabados de ciudades durante la avenida del Segura en 1884 y del Manzanares a su paso por Madrid en el mismo año. La misma revista insertó imágenes de las inundaciones de Consuegra y Almería (1891), Écija (1892) y Valencia (1897).

aguas abajo, ordenando que se vaya de pueblo en pueblo, primero al más cercano, y de este al siguiente por medios propios por cada margen del río (GALÁN *et al.*, 2013).

El camino iniciado por la administración hidráulica española para alertar a la población de inminentes avenidas⁸ fue superado el 15 de octubre de 1879 por la magnitud de la riada del Segura de efectos dantescos. Una semana después una real orden de 21 de octubre de 1879 extendió a todo el territorio un sistema obligatorio de avisos telegráficos a cargo de los alcaldes de aguas arriba, quienes debían informar de inmediato al gobernador civil y a los alcaldes de aguas abajo. A su vez los alcaldes harían público el aviso de crecida a sus poblaciones. Los empleados de Correos y Telégrafos, además de quedar a las órdenes de los alcaldes, debían avisar a los empleados del ramo de los pueblos inmediatos (MATEU, 2003).

La transmisión telegráfica de datos relevantes de la magnitud y avance de las avenidas era el germen de una red predictiva. La rapidez del aviso también dependía de la densidad de las mallas telegráficas y de las estaciones pluviométricas. Desde el punto de vista operativo hubo grandes paralelismos con otras redes geofísicas (meteorológica, sismológica, etc.) que por entonces se hallaban en proceso de implantación o ampliación. Tras una larga pausa, se reactivó en 1879 el tendido de la telegrafía eléctrica. En 1885 la longitud de líneas ya superaba los 18.000 Km. y se pretendía hacer más tupida la malla radial originaria. Al finalizar el siglo XIX, la red telegráfica garantizaba una rápida y fluida comunicación interior (BAHAMONDE *et al.*, 1998), aunque extensos sectores montañosos peninsulares, especialmente activos en la génesis de las avenidas súbitas, quedaron al margen del servicio telegráfico. De otra parte, durante las crecidas extremas, parte de la red resultaba a menudo arruinada y se interrumpía el servicio.

En las dos últimas décadas del siglo XIX, los avisos telegráficos de crecida se fueron consolidando como instrumento para aminorar los daños. Aunque tenía muchas limitaciones⁹, la práctica aportó un mayor conocimiento acerca de los tiempos de respuesta de una cuenca hidrográfica durante las avenidas. En el caso de Sevilla, los avisos de crecida del Guadalquivir desde las escalas de Mengíbar (confluencia de los tributarios de cabecera), de Andújar (desembocadura del Jándula), de Córdoba y de Palma del Río (Genil) podían anticiparse 40, 30, 20 y 14 horas a la llegada de la punta de avenida. Así la avenida extraordinaria de marzo de 1892, que superó los niveles de la de 1876, no entró en la ciudad, a diferencia de aquella. Lo impidieron las acciones preventivas desarrolladas en el terraplén del ferrocarril a su paso por la ciudad. La alerta, que permitió la defensa del terraplén, libró la ciudad de una inundación.

Durante la riada de enero de 1898 el alcalde de Alzira, un lugar crítico de la Ribera del Júcar, redactó 19 telegramas dirigidos al gobernador civil, a los alcaldes de Manuel y Ontinyent, al ministro de Gobernación y a la casa del Rey. Al mismo tiempo, al ayuntamiento de Alzira debieron recibirse otros tantos. Los textos de los telegramas son una vívida descripción de la evolución horaria de la punta de crecida (MATEU, 2003).

8 Todo parece indicar que las experiencias más avanzadas en el aviso de crecidas, entre 1863 y 1879, se dieron en las cuencas del Ebro y del Guadalquivir. Además de los ejemplos ya citados de Zaragoza, “Sevilla, en la inundación de diciembre de 1877, pudo preparar sus defensas por los avisos frecuentes que el telégrafo transmitió desde Andújar y Córdoba, y otros puntos situados en la orilla del Guadalquivir” (Exposición de motivos de la R.O. de 21 de octubre de 1879).

9 Las avenidas súbitas, como las de Consuegra y Almería de 1891, seguían causando grandes pérdidas en vidas humanas (MARQUÉS DE AGUILAR DE CAMPOO, 1894).

El día 11 de noviembre de 1897, a las 17 horas, el gobernador civil de Teruel envió un telegrama al de Valencia, anunciando que el Guadalaviar había experimentado una crecida mayor que la del día 10. En vista de ello fueron adoptadas medidas de precaución. Y el público, enterado del aviso, ya afirmaba la inminencia de la nueva riada (ALMELA, 1959, 64). Por su parte, la prensa también informaba de estos avisos¹⁰.

REORGANIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AFOROS Y DE ANUNCIO DE CRECIDAS

“El estudio del régimen de los ríos..., y el aforo de las aguas es de importancia capital en todos los proyectos de obras hidráulicas... Este estudio es, por necesidad, lento y laborioso y no cabe improvisarlo... y para llegar a resultados es indispensable una serie larga de trabajos y observaciones, llevados a cabo en las diversas estaciones y proseguidos con constancia durante algunos años. Estas razones han inducido a los Gobiernos de todas las naciones más adelantadas a emplear en estos trabajos un personal escogido y dedicar sumas no despreciables y un tiempo bastante considerable al completo estudio de los ríos que cruzan su suelo.

En España, sin embargo, por causas que sería prolijo enumerar, no se ha atendido bastante a este importantísimo servicio, pues aparte de los aforos aun incompletos efectuados por las antiguas Divisiones hidrológicas..., el conocimiento que hoy tenemos del régimen de los ríos es todavía muy imperfecto, y en la mayor parte de los casos insuficiente...”

R.O. de 7 de octubre de 1903 (Gaceta del 10). Exposición de motivos.

La pérdida de Cuba y Filipinas (1898), que desencadenó una profunda crisis en la conciencia colectiva de la metrópolis, implicó cambios y reformas institucionales y sociales. La derrota removió también renqueantes organismos científico-técnicos de la administración, impulsó la reforma de anquilosados organigramas ministeriales o dio paso a nuevos organismos como la Junta para la Ampliación de Estudios (1907). El regeneracionismo científico, que se manifestó en numerosos ámbitos colectivos, se materializó en la reorganización de servicios e incluso en la implantación de nuevas redes de observación geofísica (ANDUAGA, 2009). Tales servicios, con el concurso de otras redes tecnológicas (telégrafo, teléfono, ferrocarril, etc.) también redundaron en el bienestar social promovido por los regeneracionistas. En este contexto, el regeneracionismo hidráulico, que vinculó regadío, política hidráulica e intervención del Estado, reorganizó el servicio hidrológico (CARDENAL, 1901) para convertirlo en motor de la obra hidráulica. En el cambio de siglo se aplicaron dos modelos organizativos de la administración de aguas: un servicio hidrológico de base provincial o bien de base hidrográfica.

Así el marqués de Pidal, ministro de Fomento, suprimió las tres divisiones hidrológicas todavía subsistentes y transfirió sus funciones y trabajos a las jefaturas provinciales (real decreto de 14 de agosto de 1899, Gaceta del 22), donde debía crearse una sección especial de aguas.

10 Así *El País* (15 de enero de 1895), bajo el título de *Temporales*, informaba: “Zaragoza: Se han adoptado precauciones en vistas de los telegramas recibidos de los gobernadores de Logroño y Pamplona acusando rápido deshielo, lo cual aumenta el Ebro considerablemente”.

En consecuencia el nuevo servicio hidrológico sería de base provincial, según dispusieron unas *Instrucciones para el servicio hidrológico en las provincias* (real orden de 16 de diciembre de 1899, Gaceta del 18). Éste, que también incluía los trabajos foronómicos, no perduró.

La llegada del regeneracionista Rafael Gasset al recién creado ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas (abril de 1900) marcó el inicio de una nueva etapa en la política hidráulica (VILLANUEVA, 1987). De inmediato acometió la reorganización de la administración hidráulica con el encargo de redactar urgentemente un plan general de canales de riego y pantanos. Los trabajos, con la activa implicación del cuerpo de ingenieros de Caminos, se plasmaron en el denominado *Plan Gasset*, aprobado por real decreto de 25 de abril de 1902 (Gaceta del 27) (ORTEGA, 1995). Más allá del hacer o deshacer de los sucesivos ministros de turno en la gestión, aprobación y desarrollo del Plan, aquí importa subrayar que simultáneamente la misma administración hidráulica inició una nueva etapa foronómica de carácter productivo (reorganización del servicio de aforos) y de carácter predictivo (renovación del servicio de previsión y anuncio de crecidas). Atrás quedaban décadas casi perdidas de mediciones de estiajes, lecturas de niveles en escalas hidrométricas sin ajustarse a un plan preestablecido, junto con meritorios avisos de crecidas o el germen de las redes de aforos en el Guadalquivir y el Ebro.

Entre las primeras decisiones de Gasset, destaca la creación del servicio central de trabajos hidráulicos y siete divisiones u organismos hidráulicos de cuenca (Gaceta del 12 y 17 de mayo de 1900) para elaborar con carácter prioritario el plan de canales de riego y pantanos. Al terminarlo las divisiones no se disolvieron sino que ampliaron sus competencias “a todo lo que se relaciona con el régimen, policía y aprovechamiento de aguas, así como de previsión de crecidas..., defensa y encauzamiento de los ríos, desecación de lagunas y saneamiento de terreno...” (R.O. de 6 de noviembre de 1903, Gaceta del 7). La misma real orden encargaba al servicio central de trabajos hidráulicos reunir los datos y las observaciones de las divisiones, unificar sus criterios y ejecutar la alta inspección de sus trabajos. Aunque en los años posteriores hubo alguna segregación y cambio de denominación de los organismos, la estructura administrativa se mantuvo hasta la supresión del Servicio Central (1919) y, sobre todo, hasta la creación de las Confederaciones Sindicales Hidrográficas (1926).

La práctica de aforos diarios en estaciones permanentes era un requisito imprescindible para una política hidráulica productivista a medio y largo plazo y para redactar, de forma inmediata, proyectos de canales de riego y pantanos. Una real orden de 7 de octubre de 1903 (Gaceta del 10) creó el servicio de aforos en las divisiones de trabajos hidráulicos para alcanzar “un conocimiento completo y detallado del caudal líquido que discurre por cada uno de nuestros ríos..., la porción del mismo que consumen los actuales usuarios y el remanente de que todavía puede disponerse en beneficio de la riqueza pública y privada”¹¹. Para ello era necesario redactar unas instrucciones detalladas sobre la práctica hidrométrica *in situ*, un plan en cada demarcación con

11 Por ahora apenas se han sistematizado las noticias acerca de los aforos practicados por empresas hidroeléctricas en el cambio de siglo, una cuestión que merecería ser investigada para disponer de series foronómicas anteriores al primer anuario de aforos (1912). Así Sáenz Ridruejo (1993,181) refiere que Carlos Mendoza y Alfredo Moreno recibieron el encargo de construir, por cuenta del marqués de Santillana, la central eléctrica de Navallar en el río Manzanares. “Empezaron aforando el río entre abril de 1899 y marzo de 1900. Esta simple labor cobra un gran valor simbólico: por primera vez, después de siglos de escritos sobre la escasez de los caudales del río de Madrid, Mendoza y Moreno median sus caudales. Cifras y datos, técnica en suma, frente a literatura. Esta actitud, adoptada a los pocos meses del desastre colonial, refleja bien el talante que los regeneracionistas querían para España. La conclusión de estos aforos, obvia por otra parte, fue que el régimen del Manzanares era muy variable y debía ser

la distribución de escalas hidrométricas y posibles estaciones pluviométricas y criterios comunes para usar, archivar y publicar los datos foronómicos. Por su parte la Comisión Central de Trabajos Hidráulicos se encargó de coordinar el operativo mediante una *Circular* (30 octubre de 1903) que otorgaba preferencia “por el aforo de los cauces en que sea más probable el establecimiento de nuevos aprovechamientos á corto plazo”¹². Para reducir costes el plan de aforos debía conciliarse con el plan de previsión y anuncio de crecidas.

La decisión regeneracionista de reorganizar o implantar el servicio de aforos por cuencas hidrográficas incorporó las experiencias más positivas de las escalas habilitadas por las extintas divisiones hidrológicas del Ebro, Guadalquivir y Júcar y Segura y del funcionamiento ya experimentado en otros estados europeos, especialmente Francia. Todavía en 1903 el Servicio Central de Trabajos Hidráulicos envió una circular a las divisiones para activar sus respectivos servicios de aforos que, a su vez, debían redactar una propuesta de plan para la implantación de una red de aforos con criterios productivos. Se optaba por escalas en puentes o sus proximidades, muros de defensa y otras posiciones idóneas en tramos naturales rectos que no sufrieran cambios significativos en sus secciones. *Las Instrucciones sobre aforos* (1906) definían los procedimientos y los medios para los encargos del operativo.

Hasta ahora poco se sabe de los primeros pasos foronómicos dados por las divisiones tras su reorganización, del ritmo de implantación de la red de aforos y del número de estaciones activadas en los años inmediatos¹³. La cuenca del Segura ya tenía aprobado en plan de estaciones de aforos en 1906, entre las que había la nº 22 o Embalse de Valdeinfierno (con datos desde 1909) y la nº 23 o Totana (que ya estaba instalada en 1907 para aforar caudales de avenida). El posterior plan de aforos de 1909 incluía, entre otras, la estación nº 25 o Paso de los Carros en la entrada del Reguerón (con escala operativa en 1910) (NAVARRO HERVAS, 1991). Algunas escalas ya funcionaban antes de 1903 como la de Zaragoza en 1900 (Lorenzo Pardo, 1916) o la de Puentes Viejas en 1901 (MASACHS, 1948). Con posterioridad en la cuenca del Ebro operaban, entre otras, las de Arroyo (1905), Miranda (1907), Mora (1908) (LORENZO PARDO, 1916). En la división del Júcar las primeras series conservadas corresponden a la estación 76 o Estret de la Rompuda en el río Callosa o Guadalest (1908) y la 77 o Coll del Caragol en el río Algar (1909) (MATEU *et al.*, 2012, 86). En el río Ter se practicaban lecturas diarias en las escalas de Torrelló y Girona y aforo directo por vertedero en el Molino de Sau (MORENO, 1911).

regulado”. En la primera Junta General de Hidroeléctrica Española, celebrada en Madrid, en 1907, se informó del potencial hidroeléctrico del salto del Molinar en el río Júcar según aforos que se venían realizando “desde más de quince años antes” (ARROYO, 2012). Por su parte Masachs (1948) transcribe las medias mensuales de aforos de la estación de Puentes Viejas en el río Lozoya, iniciadas en enero de 1901, por iniciativa del Canal de Isabel II para un mejor abastecimiento urbano de Madrid. También Lorenzo Pardo (1916) incluyó en el proyecto del pantano del Ebro datos, entre otros, de la estación de aforos de Puentelarrá, operativa desde 1908 y propiedad de Hidroeléctrica Ibérica. También Cebrián (1929) pudo disponer de los registros foronómicos de la estación de Flix, perteneciente a Electroquímica y activa desde 1905. En todos los ejemplos precitados, las estaciones de aforos tenían una manifiesta finalidad productiva.

- 12 El plan de aforos, de proporciones ajustadas a presupuestos modestos y al escaso personal facultativo de las divisiones, debía integrar también “los aforos ya mandados hacer en los cauces en que se haya proyectado o están en estudio obras hidráulicas”.
- 13 Según el Plan Nacional de Obras Hidráulicas (1933, I, 22) en los primeros años del siglo XX se abandonó “la función esencial y básica [de los trabajos foronómicos] que empezaba a ofrecer resultados interesantes y contaba con trabajos meritorios. No se reanudó el servicio hasta algún tiempo después, 1909, dejando un periodo sin cubrir, precisamente el que hacía falta para la redacción de los proyectos [del Plan Gasset de 1902]”. Estos “se hacían sin base o con base tan endeble y poco segura, que era milagroso el acierto”.

El proceso de implantación de la red se aceleró a fines de la primera década del siglo: “Fue en 1909 cuando empezaron a establecerse estaciones fijas de aforo en los principales ríos con objeto de inaugurar la observación continuada de los mismos día tras día... De dicha fecha hasta 1911, durante tres años, las instalaciones fueron avanzando, y en ellas se ejecutaron mediciones para la obtención de las correspondientes curvas de gastos. De estos años quedan pocas series de observaciones, de duración más pronto restringida. No obstante, estos tres años de intensa preparación alumbraron el funcionamiento de la red foronómica” (MASACHS, 1948, 124-125).

Simultáneamente las mismas divisiones de trabajos hidráulicos tenían encomendado el servicio de previsión y anuncio de crecidas desde 1900 (R.O. de 3 de julio). Este encargo, de carácter predictivo, contenía ingredientes de mejora de la vida colectiva, tan apreciados por el ideario regeneracionista. La alerta a la población presuponía una rápida transmisión de información desde escalas hidrométricas estratégicamente seleccionadas y distribuidas por la cuenca hidrográfica hasta la jefatura de la división, y perfectamente coordinada con las redes de telecomunicación. La estructura organizativa del servicio, al igual que otros coetáneos (ANDUAGA, 2009) reunía rasgos propios de los modernos sistemas predictivos basados en la rápida transmisión piramidal de datos, desde el escalero hasta el ingeniero-jefe, pasando por el telegrafista, el ayudante o sobrestante de obras públicas, el ingeniero encargado de zona, etc. Por su parte, la red telegráfica, de diseño radial, era más idónea para un mejor seguimiento horario de las avenidas por las principales depresiones peninsulares (p.e. Ebro, Guadalquivir, Duero, etc.) que en pequeñas cabeceras y congostos de ríos más cortos con ocasión de crecidas súbitas. El margen para el anuncio de crecidas era, por tanto, muy distinto según los escenarios.

A partir de 1900, la previsión, que formaba parte de los trabajos de las divisiones, consistiría en establecer “la altura que ha de alcanzar el agua en los puntos en que interesa conocerla con anticipación y la hora en que [la avenida] llegará a ellos”. Para ello, los técnicos debían seleccionar los puntos más idóneos para las denominadas estaciones de previsión y anuncio de crecidas y su conexión con la red telegráfica¹⁴. Una gran riada del Guadalentín-Segura en 1900 (MUGURUZA, 1900), la avenida súbita del Jiloca el 19 de agosto de 1901 (ELIO, 1901) o la crecida del Llobregat en 1901 demostraron la dificultad de anunciar los sucesos de muy rápido desarrollo con los medios tecnológicos disponibles. Un ejemplo recurrente de difícil anuncio fue la ciudad de Málaga que en los primeros años del siglo registró cuatro avenidas (1901, 1902, 1905 y 1907) del Guadalmedina, entre las que destaca la *riá* de 24 de septiembre de 1907 que inundó y sepultó en el barro y aluvión los barrios de la Trinidad y del Perchel, así como el centro urbano y provocó unos 21 muertos. Por el contrario, el servicio de previsión y anuncio de crecidas demostró su eficiencia, entre Mora y Tortosa, durante la gran avenida del Ebro de 23 de octubre de 1907 (GARCÍA FARIA, 1908; LÓPEZ BUSTOS, 1972). En efecto, el día anterior, el alcalde de Tortosa, “oportunamente avisado por el ingeniero del servicio hidráulico, ordenó el desalojo de los barrios de Ferrerías y Remolinos”¹⁵. Este y otros casos mostraron las ventajas de

- 14 En la división del Júcar, el ingeniero-jefe preparó ese mismo año una *Memoria sobre servicio de previsión y anuncio de crecidas en la cuenca del río Júcar*, a partir de los informes remitidos por los ingenieros de zona, donde proponía su puesta en marcha de los ríos Júcar y Turia (MATEU et al., 2012, 74-79).
- 15 El resultado de los avisos “en lo relativo a las vidas humanas, es donde se demuestra palmariamente las ventajas obtenidas mediante el rudimentario servicio de previsión establecido de poco tiempo a esta parte en el Ebro inferior. Aquella extraordinaria mortandad causada por las avenidas de 1787 y otras antiguas, no se ha producido en el último otoño [de 1907] gracias a los oportunos avisos recibidos en Tortosa, transmitidos especialmente desde la estación [del ferrocarril] de Mora, y a las medidas adoptadas por la autoridad local, asesorada al efecto por el ingeniero de la división de Trabajos Hidráulicos del Ebro” (GARCÍA FARIA, 1908, 121).

las alertas y la necesidad de extender las redes telegráficas y telefónicas para mejorar un servicio necesario, pero todavía muy rudimentario¹⁶.

En síntesis, la primera década del siglo XX fue un tiempo de implantación y reorganización de unos servicios hidráulicos con fines productivos y predictivos todavía muy precarios, de adaptación metodológica en la práctica de aforos (elaboración de mejores curvas de gasto), de formación de escaleros para un trabajo imprescindible en una red jerárquica, de adquisición de algún limnógrafo, de acondicionamientos simples de tramos de aforos, de redacción de los primeros planes de aforos y de las primeras memorias de actividades de prevención y anuncio de crecidas, de asignación de responsabilidades a los ingenieros de zona y a sus ayudantes, de ensayos de coordinación de las divisiones con el Servicio Central, etc. Aunque los resultados fueron todavía precarios y rudimentarios, las experiencias fueron el fundamento necesario y el firme soporte para el inmediato despegue hidrométrico¹⁷.

ANUARIOS DE AFOROS Y MEMORIAS DE AVISOS DE CRECIDAS

“A falta de estaciones, que proporcionen experiencia y práctica, es imposible organizar una red o un servicio; y a falta de servicio, es difícil su institucionalización”

ANDUAGA EGAÑA, 2009, 36

A finales de la primera década del siglo XX se fueron implantando nuevas estaciones hidrométricas o equipando mejor antiguas escalas limnimétricas, un paso indispensable para la puesta en marcha de la red foronómica española. En tres o cuatro años, singularmente en 1911, hubo un salto cuantitativo en las distintas divisiones hidráulicas que permite hablar de la instalación de una red de aforos según un plan preestablecido por cada cuenca hidrográfica¹⁸. En pocos años los servicios hidrométricos fueron adquiriendo además un prestigio hasta entonces inédito en el cuerpo de ingenieros de Caminos, gracias a la labor desplegada por las divisiones hidráulicas dotadas de mayores recursos humanos y materiales, a la continuidad y compromiso en el cargo de algunos ingenieros-jefe, a la dedicación de los ingenieros encargados de zona y al pionerismo de algunos ayudantes y escaleros¹⁹. Por su parte, el Servicio Central Hidráulico, órgano ejecutivo de estructura piramidal dotado con amplias facultades y medios suficientes, contribuyó a la coordinación de las divisiones y a la difusión de los trabajos foronómicos y los anuncios de crecidas²⁰.

16 En los primeros años del siglo XX hubo otras avenidas extraordinarias en los ríos peninsulares. Entre otras deben citarse las del Duero de 13 de febrero de 1900 y, sobre todo, la de 25 de diciembre de 1909 (MARQUINA, 1949).

17 Los sucesivos ingenieros adscritos al Servicio Central, de gran prestigio corporativo como Antonio Arévalo, Carlos Cardenal, Pablo Fernández y, sobre todo, José Nicolau, fueron destacados impulsores de la hidrometría fluvial.

18 Por esos mismos años se estaban consolidando, ampliando o implantado varias redes geofísicas que, además de su orientación productivista, también pretendían prevenir con antelación los fenómenos naturales (la red ibero-pirenaica organizada por Fontseré en 1914 que llegaría a contar con 300 colaboradores en 1921; la red pluviométrica promovida por Ángel Galarza en 1911 para el Servicio meteorológico que pasó de 48 estaciones en 1908 a 783 en 1917). En 1921 se creó el Servicio Sismológico, que también reclutó a maestros, comunidades religiosas, sociedades agrícolas y mineras, servicios marítimos, jefes de estación de ferrocarriles (ANDUAGA, 2009). A otra escala, el 1 de enero de 1911 inició sus trabajos (incluso predictivos) el Servicio Meteorológico de la Federación Agraria de Levante con 31 estaciones (210, en 1916) (POLOP, 2003).

19 Un factor determinante para la definitiva institucionalización fue la llegada a las divisiones hidráulicas, hacia 1905-10, de ingenieros recién salidos de la Escuela de Caminos, pertenecientes a promociones cercanas y su permanencia en ellas durante una, dos o tres décadas y más. Por primera vez había una generación de ingenieros

Aunque todavía predominaba la práctica de aforos en cauces naturales con escala limnimétrica apoyada en puentes o sus proximidades, cada vez más se prefería los tramos rectos sin cambios de sección y muy pronto la rectificación de secciones naturales mediante la construcción de tramos artificiales de varias decenas de metros con márgenes revestidas y solera uniforme²¹. Pocas estaciones disponían de limnógrafo porque según el catálogo XIII de A. Ott (1914-15), la administración española sólo había adquirido hasta entonces veintitrés molinetes y diez limnógrafos²²; esta última cantidad apenas era superior a la de las empresas hidroeléctricas²³ (MATEU *et al.*, 2012).

Otro requisito indispensable para la plena operatividad de los servicios de aforos y de previsión y anuncio de crecidas eran las normas o disposiciones del Servicio Central Hidráulico, de obligado cumplimiento para las divisiones, elaboradas desde una estructura piramidal. Las Instrucciones, con escaso margen para la improvisación, asignaban las responsabilidades a los distintos niveles de los agentes, definían los objetivos e indicaban los medios, armonizaban los procedimientos de trabajo, de publicidad y presentación de la información hidrológica, y de archivo de la documentación. Entre las normas destacaban las *Instrucciones sobre aforos* (SCTH, 1906; SCH, 1911) y las *Instrucciones sobre previsión y anuncio de crecidas* (SCH, 1914). Las primeras *Instrucciones sobre aforos* (1906), firmadas por J. Nicolau, contenían las normas para el servicio y su práctica en estaciones fijas elegidas para el mejor conocimiento del régimen de los ríos principales, para el proyecto y explotación de las obras hidráulicas o para la mejora de la previsión

plenamente dedicados a la cuestión hidráulica que desarrollaron su carrera profesional en la misma división. Este grupo, simbolizado por Manuel Lorenzo Pardo y otros compañeros en el Ebro o por Fausto Elio en el Júcar, llegaron a su primer destino cuando se estaba implantando la moderna red de aforos y durante muchos años tuvieron a su cargo las estaciones de su zona y el seguimiento del anuncio de crecidas. Ellos aportaron su experiencia profesional a los primeros proyectos de regulación de los ríos y a las líneas básicas del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933 (MATEU, 1996 b)

- 20 Al frente del Servicio Hidráulico Central estuvo, entre 1912 y 1918, Rodolfo Gelabert como ingeniero-jefe y Manuel de la Torre Eguía como segundo jefe. Ambos impulsaron, entre otras, la edición de los *Anuarios* de aforos y las memorias anuales de los servicios de previsión y anuncio de crecidas. En 1918, coincidiendo con una reestructuración del Ministerio, estas últimas dejaron de editarse. De otra parte el Servicio Central promovió viajes de estudio a Egipto y Estados Unidos (NICOLAU y PUIG DE LA BELLACASA, 1905 y 1908) y a la Europa central antes de la Gran Guerra (PUIG DE LA BELLACASA, 1914).
- 21 La estación de Arroyo, instalada hacia 1914 para el Proyecto del Pantano del Ebro (LORENZO PARDO, 1916) consistía en un tramo completamente artificial con una solera revestida y muros laterales verticales, que incluía también caseta para limnógrafo y pasarela. En la división del Júcar, solo a partir de 1909 fue mejorando el material, al adquirirse molinetes eléctricos (DICENTA, 1911), “que son de una construcción esmerada y de gran precisión”. También se dispuso de “puentes volantes” muy eficaces en las corrientes de importancia, sobre todo en las avenidas. En 1911 ya había al menos un fluviógrafo en la estación nº 45 Alzira. A partir de 1914 la caseta del limnógrafo quedó integrada en el pretil derecho de las obras de defensa de la ciudad que dirigía la División Hidráulica del Júcar (MATEU *et al.*, 2012, 83).
- 22 A principios de la Gran Guerra la casa A. Ott-Kempen de Baviera ya había vendido 420 limnógrafos a organismos hidráulicos estatales y empresas hidroeléctricas de la Europa continental y sus colonias. De los 420 limnógrafos, el servicio hidráulico español había adquirido 10 y las empresas 8 (Sociedad Fuerzas Motrices del Gándara de Santander, 1; Unión Eléctrica Madrileña, 1; Catalana de Gas y Electricidad, S.A., 3; Papelera Española, 1). Para entonces la misma firma alemana había servicio 2650 molinetes, de los cuales la administración hidráulica española había adquirido 28 aparatos y 4 las sociedades hidroeléctricas (A.E.G. Thomson Houston Ibérica, S.A. de Bilbao, 2; S.A. Hidroeléctrica Ibérica de Bilbao, 1; y Unión Eléctrica Madrileña, 1) (OTT, 1914).
- 23 Junto a la red oficial de aforos, las principales sociedades hidroeléctricas poseían sus propias estaciones de aforos, especialmente en la zona pirenaica y cantábrica. En general, sus registros, aunque más cortos en el tiempo, ofrecían mayor confianza (MASACHS, 1948, 127). También las había en el Júcar (ARROYO, 2012), Alberche, Tajo, Esla y Duero (DE NÓ, 1925).

de crecidas. Los aforos, convenientemente anotados, se remitirían a la superioridad para su estudio y posterior depósito en el archivo de aforos. De momento se pretendía sacrificar algo la perfección de los procedimientos “para que, con un mínimo de gastos, se alcanzaran el mayor número de datos suficientemente fidedignos”. Para ello, se aconsejaba el uso de los molinetes más útiles y convenientes y otro material complementario (NICOLAU, 1907; DICENTA, 1911). La segunda edición ampliada de las *Instrucciones sobre aforos*, preparada por Manuel de la Torre Eguía, apostaba por la máxima uniformidad en las operaciones, ejecutadas según plan, “estudiándose primero el régimen de los ríos con mayores aprovechamientos. El número de estaciones nunca debería ser superior al estrictamente necesario, situándose una en cada tramo de cambio de régimen”. Estas segundas *Instrucciones* eran más precisas, si cabe, acerca de los impresos para la anotación de los aforos y archivo de los registros foronómicos, con especificación de las tareas que competían al ingeniero-jefe y al ingeniero encargado en cada división y al Servicio Central. También señala los procedimientos de aforo, el método para la elaboración de las curvas de gastos, etc.

En aplicación de ambas instrucciones, se editó el primer anuario o *Aforos. Régimen de los principales ríos de España en el año 1912* (SCH, 1913) que incluía los registros diarios de unas 150 estaciones identificadas por un número y la denominación oficial y agrupadas por divisiones hidráulicas con especificación de los nombres del ingeniero encargado y del ingeniero-jefe²⁴. En los años posteriores, los anuarios incluyeron un número de estaciones de aforo²⁵ notablemente aumentado.

Por su parte, las *Instrucciones sobre previsión y anuncio de crecidas* (1914) se redactaron para alertar a las ciudades más vulnerables de cada división. La previsión exigía datos precisos, expresados con claridad, remitidos sin pérdida de tiempo a la división encargada de calcular el tiempo y el calado probable y trasladar el anuncio a las autoridades. La normativa fijaba las características que debían reunir las estaciones de observación, daba criterios a los encargados de las mismas, señalaba el procedimiento de transmisión de los boletines y fijaba protocolos de actuación. Para la previsión se debía contar también con los datos pluviométricos. Las divisiones debían redactar una memoria anual del servicio para su remisión al Servicio Central, con gráficos de los hidrogramas, mapas de precipitaciones, etc. “hasta llegar a la perfección con que se hace en todos los países, especialmente por distintos conceptos, Francia, los Estados Unidos y Hungría”. En cumplimiento de las *Instrucciones*, se publicaron las actividades desarrolladas en las divisiones durante el ejercicio 1915-16 y 1916-17 que, aunque modestas, tenían la importancia de ser las primeras que se ofrecían a la opinión pública. El balance era positivo porque se habían prestado verdaderos servicios a los pueblos de las zonas inundables; las principales deficiencias derivaban de la dificultad de las comunicaciones, particularmente en ciertas comarcas, por la limitación de las líneas telegráficas. La publicación de las dos memorias significó un salto cualitativo en

24 Poco después el geógrafo Emilio H. del Villar (1916, 107-110) hizo una reseña del anuario, a partir del cual elaboró también un cuadro de los caudales registrados en los “periodos de crecidas” y “días del mínimo” en las estaciones más significativas de los grandes ríos peninsulares.

25 Años más tarde, V. Masachs (1948, 126) se mostró muy crítico con los anuarios de 1912 a 1931 por ser “un venero de datos sin elaboración alguna y que da pobre idea del celo empleado. No ofrece medias mensuales, anuales, decenales, ni relaciones de frecuencia de crecidas, ni curvas de régimen alguno, ni superficies vertientes. En sumas y divisiones, es enorme el trabajo que supone extraer algún jugo de estos volúmenes...”

el reconocimiento de la diversidad de escenarios espacio-temporales donde se desarrollaban las inundaciones²⁶ (MATEU, 2003).

Con la edición de los primeros anuarios de aforos de los principales ríos de España y las dos memorias anuales de las actividades del servicio de previsión y anuncio de crecidas culminaba el largo proceso de institucionalización de la fluvimetria en España²⁷. Los aforos diarios de los ríos y los anuncios de crecida habían formado parte de las prioridades regeneracionistas y del giro político que asumió el Estado de impulsar las grandes obras hidráulicas para mejorar las condiciones de vida de una población largamente postrada por los *males de la patria*.

CONCLUSIONES

1) La institucionalización de la hidrometría en España, además de su significado científico y técnico, también formó parte de procesos sociales, todo lo retrasados y carenciosos que se quiera, de cambio agrario, crecimiento industrial, expansión urbana o secularización cultural, similares a los de otros estados europeo.

2) Desde el principio la foronomía tuvo dos vertientes, de una parte productiva, medir los caudales de los ríos para maximizar los aprovechamientos; de otra, prevenir y anunciar las crecidas para mitigar las pérdidas en vidas humanas y los daños materiales. Ambos objetivos también estaban presentes en otras redes científicas de observación de la naturaleza que por entonces también procedían a su institucionalización. En todos los casos las nuevas o ampliadas redes de observación diaria de la naturaleza adquirieron plena operatividad gracias a la implantación y expansión de las modernas redes de telecomunicación.

3) La administración confió el desarrollo de la foronomía a los ingenieros de Caminos, un cuerpo de élite, muy jerárquico con vínculos profesionales en Europa, y muy singularmente en Francia. No obstante la institucionalización del servicio público de aforos estuvo muy condicionada por las orientaciones de la política hidráulica en el período de entresiglos (1875-1920), de signo ultraliberal hasta 1900 y de mayor intervención estatal desde inicios del siglo XX.

4) Practicar aforos en una estación es una cosa; crear una red foronómica y hacer operativo el servicio son cuestiones distintas. Así lo demuestra la compleja institucionalización de la hidrometría en la España de entresiglos. Por su parte las grandes crecidas a menudo impulsaron, canalizaron y catalizaron el largo proceso de implantación de la fluvimetria.

5) Entre los técnicos al servicio de la administración hidráulica durante las tres últimas décadas del siglo XIX, destacan, entre otras las propuestas foronómicas de Rafael Navarro, ingeniero jefe muchos años de la división del Guadalquivir, por ser firme partidario de las observaciones diarias en secciones fijas, como se practicaba en otros estados europeos. Desde los inicios del

26 Ambas memorias reúnen una valiosa información hidrológica (hidrogramas de crecidas, tiempos de traslado de las puntas, volúmenes de agua precipitada, etc.) y contienen una breve muestra de la frecuencia de avenidas en ríos aún no regulados. También registran desbordamientos a lo largo de los principales corredores fluviales peninsulares, junto con crecidas súbitas que sobrepasan las capacidades técnicas de las divisiones. En realidad, las dos memorias establecen un primer diagnóstico sistemático acerca de las tipologías de las crecidas en España (MATEU, 2003, 116).

27 El lento proceso de institucionalización de la hidrometría no impidió inercias en momentos posteriores y cierto anquilosamiento a medida que terminaba la segunda década del siglo XX. El formato de los anuarios de aforos no se renovó hasta los años treinta; la publicación de la segunda memoria anual del servicio de prevención y anuncio de crecidas no tuvo continuidad.

siglo XX la práctica foronómica, cada vez más institucional, se desarrolló en todas las divisiones hidráulicas en aplicación de instrucciones precisas del Servicio Central Hidráulico.

6) La publicación del primer anuario de aforos con datos diarios referidos a 1912 registrados en unas 150 estaciones localizadas en las márgenes de ríos peninsulares y de la primera memoria relativa al servicio de previsión y anuncio de crecidas en los años 1915-16 culminan el largo proceso de institucionalización del servicio hidrométrico en España.

7) A lo largo del texto se han citado numerosos puntos foronómicos, algunos de gran significado en la reciente historia de la ciencia y de la técnica en España. Tales estaciones de aforos merecen ser reconocidas como “lugares científicotécnicos” e investigadas en los archivos de la administración hidráulica para completar series de aforos anteriores a 1912, de gran significado en el contexto del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMAZÁN, J. (1858): Aforos de los ríos Segura, Tajo y Henares en aguas bajas, *Revista de Obras Públicas*, VI, 173-174.
- ALMELA, F. (1959): *Las riadas del Turia (1321-1949)*, Excmo. Ayuntamiento, Valencia.
- ANDUAGA, A. (2009): *Geofísica, economía y sociedad en la España contemporánea*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- ARROYO, F. (2012): El sistema hidroeléctrico del Júcar y la electrificación madrileña, *Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa*, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- BAHAMONDE, A. et al. (1998): *Atlas histórico de las comunicaciones en España (1700-1998)*, Correos y Telégrafos, Madrid.
- BUREAU HYDROMÉTRIQUE FÉDÉRAL, (1909): *Le Développement de l'hydrométrie en Suisse*, Imprimerie Rösch und Schatzmann, Berne.
- CALVO, F. (1968-69): La Huerta de Murcia y las avenidas del Guadalentín, *Papeles del Departamento de Geografía de Murcia*, 1, 111-137.
- CARDENAL, C. (1901): Servicio hidrológico, *Revista de Obras Públicas*, 48, 189-190.
- CASADO DE OTAOLA, S. (2010): *Naturaleza patria. Ciencia y sentimiento de la naturaleza en la España del regeneracionismo*, Fundación Jorge-Juan-Marcial Pons, Madrid.
- CEBRIÁN, F. (1929): Red foronómica de la cuenca del Ebro. Ordenación de las observaciones. Estudio analítico, *Contribución a la Conferencia mundial de la energía. Sesión especial de Barcelona*, Publicaciones de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, I, 37-64.
- DE LOS RÍOS, F., y NICOLAU, J. (1911): *Proyecto de Riegos del Alto Aragón: Sobrarbe, Somontano, Monnegros*, Tipografía El Anuario de la Exportación, Barcelona.
- DE NÓ, V. (1925): Aforos del Duero y sus afluentes Esla y Tormes, *Revista de Obras Públicas*, 73, (2441), 513-519; 541-547.
- DEL MORAL, L. (1991): *La obra hidráulica en la cuenca baja del Guadalquivir (siglos XVIII-XX). Gestión del agua y organización del territorio*, Junta de Andalucía-Universidad de Sevilla, Sevilla.
- DEL VILLAR, E. H. (1916): *Archivo geográfico de la Península Ibérica*, Topografía la Académica, Barcelona.

- DICENTA, L. (1911): Material moderno para aforos, *Revista de Obras Públicas*, 59, 155-156.
- ELÍO, E. (1901): Las inundaciones de Aragón, *Revista de Obras Públicas*, 48, 357-359.
- GALÁN, R. (2005): El régimen hidrológico del río Cinca a finales del siglo XIX, *Geographica*, 49, 37-50.
- GALÁN, R. et al. (2013): La inundación del Ebro de 1871 en Zaragoza, *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, CXLIX, 139-169.
- GARCÍA, P. (1908): Las inundaciones de octubre de 1907 en Cataluña, *Revista de Obras Públicas*, LVI.
- GÓMEZ MENDOZA, J. y ORTEGA, N. (1988): Geografía y regeneracionismo en España (1975-1936), *Sistema*, 77, 77-89.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1973): *La Vega Alta del Segura*, Universidad de Murcia, Murcia.
- LÓPEZ BUSTOS, A. (1972): Antecedentes para una historia de avenidas del río Ebro, *Revista de Obras Públicas*, 119, (3083), 191-204.
- LÓPEZ BUSTOS, A. (1980): Antecedentes para una historia de las avenidas en los ríos del Pirineo Oriental, *Revista de Obras Públicas*, 127, (3180), 369-383.
- LÓPEZ BUSTOS, A. (1981): Tomando el pulso a las grandes crecidas de los ríos peninsulares, *Revista de Obras Públicas*, 128, (3190), 179-192.
- LÓPEZ BUSTOS, A. (1985): Datos para una historia de las crecidas del río Guadalquivir, *Revista de Obras Públicas*, 132, (3238), 643-654.
- LORENZO PARDO, M. (1916): *Proyecto del Pantano del Ebro*, División Hidráulica del Ebro, Zaragoza.
- MARQUÉS DE AGUILAR DE CAMPOÓ (1894): *Consuegra-Almería. Memoria del ...*, comisario regido nombrado por real decreto de 18 de septiembre de 1891 referente a los trabajos realizados por la Comisaría hasta el 23 de septiembre de 1893, Imprenta de los Hijos de J. A. García, Madrid.
- MARQUINA, J. R. (1949): Crecidas extraordinarias del río Duero, *Revista de Obras Públicas*, 97, (2812), 202-213; 370-377.
- MARTÍNEZ Y RUIZ DE AZÚA, E. (1907): *Plan de obras de riego de una zona de 95.000 hectáreas con 40 por 100 de cultivo intenso en la región inferior del Guadalquivir*, Servicio Central de Trabajos Hidráulicos, Madrid.
- MASACHS, V. (1948): *El régimen de los ríos peninsulares*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona.
- MATEU, J. F. (1995): Planificación hidráulica de las Divisiones Hidrológicas (1865-1899), en Gil Olcina, A. y Morales Gil, A. (edits.): *Planificación hidráulica en España*, CAM-Fundación Caja del Mediterráneo, Alicante, 69-105.
- MATEU, J. F. (1996 a): Las Brigadas Hidrológicas de la Junta General de Estadística (1859-1867), *Saitabi*, Volum extraordinari, 251-281.
- MATEU, J. F. (1996 b): Precedentes históricos de la Confederación Hidrográfica del Júcar (1865-1935), *Conmemoración del 60 aniversario de la Confederación Hidrográfica del Júcar*, Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia, 13-47.
- MATEU, J. F. (2003): El servicio de prevención y anuncio de crecidas en España (1863-1917), *Áreas*, 23, 101-121.
- MATEU, J. F. (2004): Los aforos de los ríos peninsulares durante la primera etapa de las divisiones hidrológicas (1865-1876), en Rosselló, V. M. (coord.): *Historia, Clima y Paisaje. Estudios Geográficos en memoria del prof. Antonio López Gómez*, Universitat de València, València, 363-382.

- MATEU, J. F. et al. (2012): *Desarrollo del servicio de aforos en España. La red de estaciones de la Confederación Hidrográfica del Júcar*, Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia.
- MELGAREJO, J. (2001): El visionario proyecto contra las avenidas de R. García y L. Gaztelu. Más de un siglo de vigencia, en García, R., y Gaztelu, L.: *Proyecto de obras de defensa contra las inundaciones en el valle del Segura. Estudios preliminares*, Confederación Hidrográfica del Segura, Murcia, 13-34.
- MORENO, F. (1911): Datos para el estudio de nuestras corrientes de agua. El río Ter, *Revista de Obras Públicas*, 59, (1884), 579-586.
- MUGURUZA, D. (1900): Obras de defensa contra las inundaciones de Levante, *Revista de Obras Públicas*, 47, (1302), 302-303.
- NAVARRO HERVÁS, F. (1991): *El sistema hidrográfico del Guadalentín*, Consejería de Política Territorial de la Región de Murcia, Murcia.
- NICOLAU, J. (1907): Molinetes para aforos, *Revista de Obras Públicas*, 55, (1646), 249.
- NICOLAU, J. y PUIG DE LA BELLACASA, N. (1905): *Las obras de riego en Egipto*, Establecimiento Tipográfico Hijos de J. A. García, Madrid.
- NICOLAU, J. y PUIG DE LA BELLACASA, N. (1908): *Las obras de riego en los Estados Unidos de América*, Establecimiento Tipográfico de Valentin Tordesillas, Madrid.
- OLLERO, A. (1996): *El curso medio del Ebro: geomorfología fluvial, ecogeografía y riegos*. Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.
- ORTEGA, N. (1995): El Plan General de Canales de Riego y Pantanos de 1902, en Gil Olcina, A. y Morales Gil, A. (edits.): *Planificación hidráulica en España*, CAM-Fundación Caja del Mediterráneo, Alicante, 107-136.
- ORTEGA, N. (1999): La política hidráulica española hasta 1936, en Garrabou, R. y Naredo, J. M. (edits.): *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Fundación Argentaria, Madrid, 159-180.
- POLOP, J. A. (2003): *Manuel Iranzo Benedito. Un pioner de la meteorologia valenciana*, Publicacions Universitat de València, València.
- PUIG DE LA BELLACASA, N. (1914): *El servicio hidrotécnico en Hungría*, Establecimiento Tipográfico de Fortanet, Madrid.
- RUIZ, J. M. (2002): *Hidrogeomorfología del llano de inundación del Júcar*, Universitat de València, tesis doctoral inédita, València.
- SAENZ RIDRUEJO, F. (1993): *Los ingenieros de Caminos*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Madrid.
- SANZ, J. (1902): Proyecto de las obras de defensa de Sevilla contra las inundaciones, *Revista de Obras Públicas*, IXLVIII, 33-37; 57-64; 99-107; 117-121; 125-131; 136-138; 145-147; 151-156; 157-162; 185-188; 191-196; 221-226; 229-236; 238-243; 245-250; 254-259; 263-268.
- SERVICIO CENTRAL DE TRABAJOS HIDRÁULICOS (SCTH) (1906): *Instrucciones sobre aforos*, Establecimiento Tipográfico Hijos de J. A. García, Madrid.
- SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (SCH) (1911): *Instrucciones sobre aforos*, Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco, Madrid.
- SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (SCH) (1913): *Aforos. Régimen de los principales ríos de España en el año 1912*, Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco, Madrid.
- SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (SCH) (1914): *Instrucciones para la previsión y anuncio de crecidas*, Imprenta de Ramona Velasco-Viuda de Prudencio Pérez, Madrid.

- SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (SCH) (1917): *Memoria relativa al servicio de previsión y anuncio de crecidas en los años 1915-16*, Imprenta de Ramona Velasco-Viuda de Prudencio Pérez, Madrid.
- SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (SCH) (1918): *Memoria relativa al servicio de previsión y anuncio de crecidas en los años 1916-17*, Imprenta de Ramona Velasco-Viuda de Prudencio Pérez, Madrid.
- TÉMEZ, J. R. (2006): Las catástrofes hidrológicas españolas y el cambio climático, *Revista de Obras Públicas*, 153, (3467), 7-11.
- VILLANUEVA, G. (1987): Rafael Gasset: “La política hidráulica” en la acción del gobierno, *Revista de la Facultad de Geografía e Historia*, 1, 439-459.

