

Este número cuenta con las subvenciones de la Dirección General de Universidades de la Junta de Andalucía y del Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de Jaén.

Publicada anualmente por la
FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

— La *RFHJaén* adquiere, por el simple hecho de la publicación, la propiedad de los trabajos que publica. Cada autor es responsable en el fondo y en la forma de sus escritos.

— Ilustración de la portada: Diego Velázquez, «La fábula de Aracne» (detalle), Museo del Prado. Madrid.

© UNIVERSIDAD DE JAÉN

REVISTA DE LA FACULTAD DE HUMANIDADES DE JAÉN,

Vols. IV-V, Tomo 2, 1995-1996.

Depósito Legal. GR/143-1993

ISSN: 1133-2999

Edita: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Jaén. Universidad de Jaén. Jaén.

Imprime: Gráficas LA PAZ. Torredonjimeno. Jaén

Printed in Spain

Impreso en España

El problema del agua en la segunda industrialización

JUAN MANUEL MATÉS BARCO
*Grupo de Estudios Históricos y
Económicos sobre la Empresa (GEHESE)*
Universidad de Jaén

RESUMEN

Desde los inicios de la Revolución Industrial se evidenciaron los problemas que tenían las ciudades para lograr abastecerse de agua potable. El objetivo de este trabajo es reseñar algunos de los rasgos que caracterizaron esa situación, especialmente durante la segunda industrialización, momento en el que se agudizaron por el crecimiento urbano y los cambios en las costumbres ciudadanas. Las respuestas para hacer frente a la cuestión vinieron por el lado de aplicar grandes inversiones y nuevas tecnologías.

ABSTRACT

From the beginning of the Industrial Revolution the cities had the problem of how to get drinking water. The aim of this work is to show some of the features in this situation, particularly in the second industrialization, when the difficulties increased due to the urban growing and the changes in the city habits. The solutions to that problem were taken by applying great inversions and new technologies.

1. EL SISTEMA DE AGUA POTABLE (SAP)

El hombre se inserta en el Ciclo Natural del Agua (CNA) como una parte natural del mismo. Los recursos (fuentes, pozos, manantiales,...), se organizan de acuerdo a unas normas y leyes (propiedad, permisos, contratos, regulación,...), con un único destino: abastecer al Hombre en sus distintas necesidades (usos domésticos, industriales,...). Posteriormente, el desarrollo de las ciudades congestionó el CNA y ante su insuficiencia fue necesario generar nuevos medios antrópicos (NMA) con el fin de completarlo, perfeccionarlo y sustituirlo.

A esto llamamos *Sistema de Agua Potable* (SAP=NMA), es decir, el conjunto de elementos que estructuran el abastecimiento de agua a las ciudades y asentamientos humanos y las relaciones que existen entre ellos. En definitiva, el *Sistema de Agua Potable* consiste en definir -tecnológicamente- e instalar -organizativa y financieramente- unos nuevos medios antrópicos eficientes y suficientes. Entre los elementos que configuran el SAP, se pueden destacar: la demanda, oferta, tecnología, medios económicos y organización del servicio.

La *demanda* a su vez viene determinada por la población y los usos a los que se destina el consumo de agua (alimentario, industrial, higiene, urbano, etc.). A su vez, para satisfacer la *demanda* es preciso obtener recursos suficientes para realizar una *oferta* capaz de cubrir esas necesidades.

Es preciso hacer mención de una *oferta natural* -la que ofrece la propia naturaleza-, claramente insuficiente a lo largo de la historia; y una *oferta antrópica* -la que se encarga el hombre de posibilitar-, que intenta cubrir la demanda efectiva en cada etapa histórica. Esta *oferta* viene determinada por la existencia de *recursos naturales* y la situación geográfica, que determina en gran parte los anteriores.

Otro de los elementos importantes es la *tecnología*. Es decir, la determinación y búsqueda de soluciones técnicas que permitan satisfacer la *demanda*. Ante la insuficiencia de los recursos ha sido necesario acudir a una *oferta antrópica*. Esta requiere la *captación, transporte y distribución* del recurso. En cada etapa histórica se aplican las técnicas conocidas para resolver adecuadamente esas necesidades. A su vez, las soluciones técnicas requerían inversiones para conectar oferta y demanda (*fundamentos económicos de las opciones tecnológicas*).

Una serie de *agentes* han estructurado la organización y gestión del servicio: *Estado, Ayuntamientos y Particulares*. Tradicionalmente, los *Ayuntamientos* han sido los encargados del servicio público local. La gestión puede ser *pública, mixta o privada*. Las competencias de los Ayuntamientos les han permitido gestionar directamente o mediante concesiones a *Particulares* el servicio de abastecimiento. Por su parte, el Estado ha establecido el *marco legal* (Ley de Ayuntamientos, Ley de Obras Públicas, Ley de Aguas, etc.) y ha otorgado *ayudas financieras*.

Desde las primeras etapas de la Revolución Industrial los problemas para conseguir el abastecimiento de agua potable de las ciudades fueron en aumento. El objetivo de este trabajo es analizar algunos de los rasgos que caracterizaron esa situación, y cómo se agudizó durante la segunda industrialización propiciado por el crecimiento de las ciudades fabriles, que trajo consigo una creciente demanda de agua debido al aumento de las necesidades y el cambio en las costumbres. Sin embargo, la oferta continuó dentro de los cánones del *Sistema Clásico de Agua*

Potable, es decir, según el molde de la etapa preindustrial, ya de por sí bastante insuficiente, una situación que se fue colapsando conforme avanzó el siglo XIX.

Las soluciones técnicas, en la línea de las existentes en el Sistema Clásico de Agua Potable, no resultaban suficientes. Desde los primeros años de este siglo comenzaron los intentos de aumentar la oferta de agua, a partir de 1850 se hicieron más intensos, pero continuaron siendo completamente insuficientes. El saneamiento sufrió más retraso, y no fue hasta finales del XIX cuando se comenzó a extender, de un modo más o menos general, la construcción de los alcantarillados.

Además, las relaciones entre mortalidad e higiene pública provocaron el surgimiento de principios reformistas, que intentaron incidir en la vida legislativa de cada país para cambiar el rumbo de las cosas y buscar soluciones a ese colapso. Se buscaron nuevas alternativas y fórmulas para solucionar el problema, tanto desde el punto de vista técnico, financiero como organizativo.

2. LOS ANTECEDENTES DEL PROBLEMA: LAS CARACTERÍSTICAS Y LÍMITES DEL SISTEMA CLÁSICO DE AGUA POTABLE

Para englobar correctamente el problema es preciso analizarlo en toda su perspectiva histórica y conocer la evolución del concepto de *Sistema Clásico de Agua Potable* (SCAP) al *Sistema Moderno de Agua Potable* (SMAP). En la expresión *Sistema Clásico de Agua Potable* se ha querido compendiar el conjunto de elementos que estructuran el abastecimiento de agua a las ciudades y asentamientos humanos y las relaciones que existe entre ellos durante la etapa preindustrial. Se ha incluido el término «sistema» por la interrelación que existe entre los elementos del conjunto.

La insuficiente oferta que generaba el *Sistema Clásico de Abastecimiento de Agua Potable* ante el crecimiento y la industrialización de las ciudades, junto a las crisis periódicas originadas en la contaminación de las aguas, las epidemias o las sequías, determinaron la búsqueda de nuevas alternativas. Las limitaciones técnicas, bastante evidentes, y financieras que se dieron en la etapa del Antiguo Régimen, fueron desapareciendo progresivamente. La tecnología no estaba todavía a la altura de las necesidades que aparecían en las sociedades preindustriales; y por otra parte, la fiscalidad estatal o municipal no estaban modernizadas para obtener ingresos suficientes que permitieran acometer esas obras. El concepto público del agua en la Edad Moderna, también limitó que particulares se aventuraran a invertir sus capitales para financiar esas obras.¹

¹ Existió un elevado número de proyectos que no se llevaron a cabo en las ciudades españolas de los siglos XVI, XVII y XVIII.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX en España, y antes en otros países europeos como Inglaterra, se desarrolló una tecnología que permitió diseñar y realizar los grandes proyectos hidráulicos que durante los siglos XVII y XVIII no se habían podido llevar a cabo. Asimismo, las nuevas posibilidades que fue generando en la segunda mitad del siglo XIX la expansión del capitalismo, proporcionó el ambiente necesario para que se hicieran efectivas las inversiones que requerían la instalación de los nuevos servicios públicos.

El *Sistema Clásico de Agua Potable* evolucionó hacia nuevas formas, con motivo de la influencia que ejercieron las nuevas tecnologías en las obras hidráulicas, la aparición de una creciente y desconocida –hasta ese momento– demanda, y por la implantación de formas empresariales más acordes con la progresiva expansión del capitalismo. Este nuevo modelo, que hemos denominado *Sistema Moderno de Agua Potable* (SMAP), también ha sufrido diversas evoluciones y transformaciones, y actualmente se encuentran en revisión algunos planteamientos sobre su gestión.

3. INDUSTRIALIZACIÓN Y CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN URBANA

3.1. La importancia del fenómeno

En el marco de la industrialización, las ciudades crecieron muy rápidamente. Este hecho generó un conjunto de exigencias económicas cada vez más complejas y en continuo aumento, especialmente vinculadas a la prestación de determinados servicios, y entre ellos el abastecimiento de agua. Entre las características más sobresalientes de la Revolución Industrial en Europa destaca el crecimiento espectacular de las ciudades. Las implicaciones de este proceso de urbanización resulta esencial para la comprensión de la dinámica, más amplia, del comportamiento demográfico de las sociedades europeas de los siglos XIX y XX,² y es preciso resaltar el contraste con la etapa anterior. Mientras que en el Antiguo Régimen la población era predominantemente rural,³ desde el siglo XVIII se fue incrementando la población urbana debido al propio crecimiento demográfico y a la emigración rural.⁴

² REHER, D-S. (1986), p. 39.

³ A comienzos del siglo XIX, la tasa de población urbana en Europa era tan reducida que no sobrepasaba el 3%, y en Estados Unidos la tasa estaba por encima del 6%.

⁴ Para De Vries es preciso revisar el «presunto aumento de la movilidad del siglo XIX». Es patente que la movilidad global se elevó en las últimas décadas del siglo, son evidentes los casos de Berlín y Amsterdam, pero sostiene que «no está nada clara que el crecimiento urbano dependiera entonces de la emigración más que en tiempos anteriores». [El subrayado es del autor]. DE VRIES, J. (1987), pp. 306-307.

Generalmente se ha prestado poca atención a las necesidades de capital que exigió el crecimiento urbano durante la etapa de la industrialización, tanto para la construcción de viviendas, reformas viarias, ensanches, nuevas avenidas, parques, salubridad; como para la construcción de las nuevas infraestructuras: traída del agua potable, iluminación de las calles, recogida de basuras, etc. La consideración del tema es esencial por los requerimientos financieros que exigía la urbanización. De hecho, la construcción urbana reclama elevadas cantidades de empréstitos que alcanzaron para la época dimensiones bastante notables.⁵

La revolución demográfica contribuyó a que se produjeran cambios importantes en la distribución de la población dentro de las regiones que afectó más directamente. El predominio del mundo rural dejó paso al crecimiento considerable y destacado de las ciudades, que atrajeron en gran medida los excedentes de población campesina, especialmente en Inglaterra.

La movilidad de la población derivada del propio empuje demográfico fue, junto con las mejoras del sistema de transportes, los cambios de la estructura económica con sus variaciones sectoriales y territoriales, y la búsqueda de mejores niveles de vida, uno de los aspectos más importantes de las transformaciones demográficas de esta etapa. Estas orientaciones determinaron el crecimiento de la población urbana, que de la mano de la industrialización, fue uno de los agentes más importantes del siglo XIX.

Las revoluciones técnicas en la agricultura y los transportes redujeron drásticamente la proporción de la población dedicada a labores agrícolas. Al propio tiempo, consideraciones técnicas en las manufacturas provocaron un gran ascenso en la escala óptima de la actividad productiva y dieron como resultado la concentración de los obreros de las fábricas en un número relativamente pequeño de lugares. Esta concentración se reforzó más tarde por una creciente especialización y por el aumento en los servicios auxiliares, no sólo en la propia industria, sino también en las actividades financieras, publicitarias y de distribución, que realzaron las ventajas de una ubicación cercana a ellas.⁶ Aunque la influencia de la urbanización sobre el proceso de industrialización es todavía poco clara y conocida, es innegable que se trata de uno de los exponentes más claros del mismo y uno de los factores más influyentes de su futura expansión.

3.2 Grandes ciudades y diferencias regionales

Si detallamos la evolución que experimenta el número de ciudades en el siglo XIX, apreciaremos el carácter explosivo de la moderna urbanización. Al situarnos

⁵ DE VRIES, J. (1987), p. 313; NUÑEZ ROMERO-BALMAS, G. (1996), pp. 399-402.

⁶ ROSENBERG, N. (1981), p. 587.

en el umbral de los 10.000 habitantes comprobamos que, en Europa, en 1800 existían 364 ciudades, en tanto que en 1850 se había llegado a las 878, para alcanzar en 1890 la cifra de 1.709.

Algunas ciudades alcanzaron un crecimiento rápido: en 1800 existían en Europa 23 ciudades con más de 100.000 habitantes y en 1900 ascendían a 135, aunque en conjunto el crecimiento fue lento.⁷ Europa tenía un 10% de población urbana en 1800, un 16,7% en 1850, llegaba al 29% en 1890, y en 1900 estaba cerca del 40 por ciento.⁸

La población de los países industriales no sólo vivía en ciudades, sino que mostraba una clara preferencia hacia las ciudades relativamente más grandes, convirtiéndose en uno de los rasgos que caracterizan la urbanización europea en los siglos XIX y XX. El proceso de concentración de la población es de tendencia centralizadora, es decir, que las grandes ciudades crecen más rápidamente que las pequeñas, al mismo tiempo que están absorbiendo la mayor parte del incremento urbano. Este proceso se atribuye ordinariamente como resultado de la industrialización, de tal manera que se concluye generalmente que, salvo excepciones, la época de las grandes ciudades se origina en la Revolución Industrial. Sin embargo, el perfil de las distribuciones «rango-tamaño» inclina los términos del problema hacia una exposición algo diferente. Para De Vries, retocando levemente los datos aportados por el pionero trabajo de Adna F. Weber, la posición dominante de las grandes ciudades, determinada por la absorción del la mayor parte del incremento urbano, tiene su origen en el siglo XVII. Según este autor, el resurgir urbano estuvo cuestionado en los inicios de la era industrial hasta la llegada del ferrocarril. Con todo, el análisis global nos permite detectar, desde mediados del siglo XIX, un proceso de crecimiento moderado de las grandes ciudades.⁹

En Inglaterra y Gales la proporción de la población que vivía en las ciudades pequeñas -de 2.000 a 20.000 habitantes-, permaneció más o menos constante, en torno al 15% de la población a lo largo de toda la centuria. Sin embargo, la propor-

⁷ Jan de Vries establece en 17 el número de ciudades que superan los 100.000 habitantes. En términos porcentuales, la población total residente en esta categoría de ciudades evolucionó del 3,2% en 1800 al 13,3% en 1890. Las pequeñas diferencias hay encuadrarlas en los límites geográficos que establece este autor en su estudio al excluir a Rusia y una amplia zona de la Europa del Este. DE VRIES, J. (1987), pp. 33-36 y 65.

⁸ CHUECA GOITIA, F. (1979), p. 186.

⁹ De todas formas, hay que tener en cuenta que las distribuciones «rango-tamaño» no «explican» nada por sí mismas. «Su valor reside en su poder para describir aspectos específicos del proceso de crecimiento urbano y para comprobar hipótesis acerca de ese proceso». DE VRIES, J. (1987), pp. 135 y 142.

ción de ciudades grandes -las que superaban los 20.000 habitantes-, se elevó del 27% a más del 70%.

Las diferencias espaciales también fueron importantes, pero en este aspecto también Gran Bretaña marcó la pauta. En 1850 más de la mitad de la población británica vivía en ciudades de más de 2.000 habitantes, y en 1900 la proporción alcanzó los tres cuartos. Con todo las diferencias eran evidentes: mientras que Inglaterra ya en el segundo cuarto del siglo XIX existía más población urbana (20,3% en 1800, 40,8% en 1850, 61,9% en 1890), que rural, en el resto de Europa hubo que esperar al siglo XX para que esto se produjera.

Estas diferencias regionales eran palpables antes incluso de iniciarse la industrialización. En Europa occidental el incremento urbano se produjo rápidamente y con más incidencia que en los países orientales. En zonas de la Europa noroccidental existía una tasa de urbanización cercana al 20%, como fue el caso de Holanda, que hacia 1750 los habitantes que ocupaban las ciudades suponían más de un tercio de la población. Una vez iniciada la industrialización crecen las tasas de urbanización de Inglaterra, Bélgica, Alemania y Suiza. Holanda mantenía sus altas tasas, mientras que los países mediterráneos, pese a contar con una larga tradición urbana, no alcanzaron los niveles de urbanización de los países industrializados, ralentizando su crecimiento poblacional y económico.

Aunque existía en Europa una persistente población que poseía una importante base agraria, conforme avanzó la centuria se detectó el crecimiento de las capitales, de las ciudades industriales y la pervivencia de muchas ciudades pequeñas.¹⁰ De todos modos, hasta mediados del siglo XIX es difícil establecer alguna uniformidad entre los diversos países europeos, ya que hasta esa fecha la urbanización generalizada está casi plenamente confinada a Gran Bretaña -dónde el mundo rural no es más que una reliquia-, sin embargo, otros países como Bélgica-Holanda, Países Escandinavos, Italia y Austria notaron progresos muy modestos. Hasta 1850 el crecimiento más rápido de la población urbana ocurrió en las ciudades menores, las que contaban entre 10.000 y 20.000 habitantes, detalle que nos indica que el crecimiento urbano hasta esa fecha, por lo menos en una gran proporción, fue consecuencia del crecimiento general de la población que se estaba produciendo en aquel momento.¹¹ Otros países como Alemania e Italia poseían altos índices de

¹⁰ CHUECA GOITIA, F. (1979), p. 187.

¹¹ De hecho, en Inglaterra el crecimiento urbano regido por las ciudades más importantes se refuerza de nuevo a partir de 1820; en otros países como Francia o los países mediterráneos, este hecho, se producirá algo más tarde, hacia 1840 y 1850, respectivamente. DE VRIES, J. (1987), pp. 70 y 135.

urbanización pero el mundo rural gozaba todavía de un gran peso específico: 25 millones en Alemania y 13 en Italia, casi tanto en 1914 como en 1850. El resto de Europa conservaba todavía, por esas fechas, un fuerte halo campesino.¹²

En la segunda mitad del siglo XIX las naciones que se estaban industrializando —exceptuando Gran Bretaña—, comenzaban a gozar de una urbanización que rozaba el 50%. Incluso las naciones eminentemente agrícolas empezaron a mostrar una tendencia creciente a la urbanización. Es el caso del Imperio ruso, que en conjunto rondaba el 12,5% de población urbana, destacando dos grandes ciudades como Moscú y San Petesburgo. En definitiva, desde la perspectiva económica, el fenómeno del crecimiento urbano estuvo muy conectado con el desarrollo del mercado, la especialización económica y la concentración empresarial.

3.3. *Los problemas del crecimiento urbano en el siglo XIX: la degradación y segregación*

Este incremento al que se hace referencia no repercutió solamente en el campo de la economía, sino también en otro orden de cosas. Una de ellas fue la aparición de los suburbios. La escasez de viviendas en la ciudad facilitaba la aparición de alojamientos en los barrios extremos, aunque presentaban la ventaja de ser más asequibles para su alquiler y estaban exentos, generalmente, de las tasas municipales. Hacia 1860 solamente un 13 por ciento de la población londinense habitaba en suburbios (*slums*), treinta años más tarde esa cifra había alcanzado el 25 por ciento. París, es otra ciudad donde los suburbios crecieron espectacularmente, mientras que la población de la ciudad aumentaba entre 1800 y 1856 en un 65 por ciento, la del Departamento del Sena lo hizo en un 496 por ciento. Situación similar se repitió años más tarde, entre 1861 y 1896, París incrementó su población en un 50%, mientras que el resto del Departamento llegó a crecer en un 203 por ciento. Similares tendencias podían analizarse en la mayoría de las capitales europeas.

La expansión de las ciudades supuso también la aparición de múltiples problemas hasta entonces desconocidos. La superpoblación trajo consigo insalubres condiciones de vida, problemas en el sistema de transporte público, se necesitaba agua en grandes cantidades para las nuevas urbes, la evacuación de los residuos urbanos, etc.; de ahí el desarrollo de medidas de tipo higiénico, el planeamiento de nuevos ensanches, de accesos para el transporte, construcción de sistemas de

¹² ARMENGAUD, A. (1983), p. 33.

abastecimiento de agua y de alcantarillado que facilitarían el saneamiento de la ciudad.¹³ A partir de 1880, aproximadamente, surgió la doble pauta de asentamiento típica de la metrópolis industrial: en el centro, un núcleo de tiendas, oficinas, pequeñas industrias, viviendas de lujo y antiguos edificios; en el extrarradio, sectores industriales y vastas extensiones de nuevas viviendas para la clase media y casas recientes de segunda mano para las clases trabajadoras.¹⁴

3.4. *La población urbana en España*

A mediados del siglo XIX, la población urbana española no representaba todavía una fracción superior a la de etapas anteriores a su historia, habida cuenta del declive urbano y de la atonía que las ciudades españolas arrastraban desde el siglo XVII y XVIII. El tamaño medio de las 100 ciudades españolas más importantes oscilaba, hacia 1750, alrededor de los 13.500 habitantes, cifra que era más o menos idéntica a la de 1530. Un siglo después, hacia 1857 el tamaño medio ascendió a los 25.000 habitantes. La población urbana creció por tanto a un ritmo sólo ligeramente superior al del conjunto de la población entre mediados del siglo XVIII y mediados del siglo XIX. A pesar de lo enunciado, no hay que olvidar que España había heredado una red urbana relativamente densa en muchas de sus regiones. Eran núcleos de población de relativa entidad, pero que conferían a nuestro país —como a Italia y a Holanda—, un grado inicial de urbanización superior al de otras regiones del Occidente europeo a comienzos del siglo XIX.

Hacia la mitad del XIX, el grado de urbanización de España no era inferior, por ejemplo, al de Francia. En el país vecino el 27,3% de la población vivía en núcleos de más de 2.000 habitantes en 1856, frente a un 24,6% de la población española que residía por esas fechas en localidades de más de 5.600 habitantes.¹⁵ Pérez Moreda señala la dificultad de conocer con exactitud si este porcentaje llegó a duplicarse entre 1858 y 1900, aunque todo parece indicar que así fue.¹⁶ A comienzos del siglo XX la población residente en municipios de más de 10.000 habitantes suponía ya un 32% del total, y la que vivía en municipios de 2.000 a 10.000 habitantes formaba otro 40 por 100 de la población española.¹⁷ La tasa de urbanización había crecido en España, en menos de medio siglo, tanto como la

¹³ ARMENGAUD, A. (1983), p. 38.

¹⁴ WARNER, SAM B. JR. (1981), p. 607.

¹⁵ ARTOLA, M. (1973), p. 67.

¹⁶ PÉREZ MOREDA, V. (1987), p. 52.

¹⁷ CAMPO, S. DEL (1972), p. 18.

italiana en toda la centuria. El crecimiento de las ciudades en los dos países mediterráneos, España e Italia, fue inferior al de otros del occidente europeo, en parte por la elevada densidad urbana con que contaban previamente. La tasa de urbanización se multiplicó por más de cuatro en Alemania y por más de tres en Inglaterra, Bélgica o incluso en Francia.

En España, fue evidente la evolución de la población de las capitales de provincia entre 1836 y 1930, en relación con la del resto del país y la del conjunto español.¹⁸ Hacia mediados de siglo se produjo el despegue demográfico de muchos núcleos de menor importancia, que hasta entonces no habían destacado y que a partir de entonces se vieron favorecidos por la concentración en ellos de las funciones administrativas. Sólo en algunos casos, como Barcelona u Oviedo, el crecimiento urbano puede atribuirse a los efectos de la precoz industrialización.

Aunque el crecimiento urbano prosiguió en la segunda mitad del siglo XIX a una tasa ligeramente inferior a las décadas anteriores, los contrastes en el país se acentuaron. En este período suele situarse el verdadero inicio de la urbanización moderna de la población española. Frente a una tasa del 14 por mil en las capitales, el resto de la población conoce un crecimiento ínfimo, de tan sólo un 2,8 por mil anual, pues se ve afectada por la corriente migratoria que en parte se dirige al exterior y en parte va a las capitales de provincia, sobre todo entre 1878 y 1887. A comienzos del siglo XIX sólo Madrid y Barcelona contaban con más de 100.000 habitantes, y en 1857 superaban también, ligeramente, estas cifras las ciudades de Sevilla y Valencia.

El proceso de urbanización mostró cómo regiones que hasta 1836 se caracterizaban por un débil grado de urbanización, con ciudades de tamaño mínimo —como ocurría en general en Asturias, Canarias, Extremadura, Castilla la Vieja y Galicia—, fueron las que conocieron mayor crecimiento demográfico de sus capitales de provincia entre esa fecha y 1857. La potenciación de nuevas capitales que trajo consigo la estructura administrativa de 1833 fue el factor que más impulsó el proceso urbanizador a lo largo del segundo tercio del siglo XIX, mientras que las primeras fases de la industrialización sólo pueden aceptarse como un factor secundario de urbanización localizado en Asturias o Cataluña.

¹⁸ En ausencia de información continua al respecto, Pérez Moreda estima que la población de otros núcleos urbanos fluctuó de forma similar a como lo hizo la de las capitales. Aunque los datos de 1836 no sean absolutamente fiables ni del todo completos, gracias a ellos se aprecia un notable crecimiento de la población de las capitales hasta 1857, superior incluso a la que registrarían en la segunda mitad del siglo. PÉREZ MOREDA, V. (1987), p. 53.

4. CAMBIOS EN LA ETAPA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

4.1 *Industrialización y demanda de servicios*

La oferta de servicios urbanos, ocupó un papel muy secundario en la economía preindustrial, mientras que su crecimiento fue espectacular a partir de la industrialización. La Revolución Industrial marca, en la historia de los servicios, el comienzo de una expansión rápida y de una especialización creciente. Su existencia puede detallarse anteriormente pero suponían un porcentaje muy pequeño en la economía preindustrial.

Hartwell ha planteado una serie de interrogantes: «¿por qué y en qué medida el sector servicios se expansionó a consecuencia de la industrialización?; ¿cuál fue el efecto de tal expansión en el crecimiento económico?; ¿de qué forma el crecimiento del sector servicios afectó a la calidad de vida en la sociedad industrial?; ¿cómo se comparaba la productividad del sector servicios con las de la agricultura y la industria?; ¿cuáles eran las diferencias nacionales en el crecimiento del sector servicios y cómo podían explicarse?; ¿por qué los historiadores han descuidado la historia del cambio estructural y del sector servicios?; ¿qué lecciones históricas pueden deducirse del crecimiento del sector servicios?». ¹⁹

Desde el punto de vista de la oferta, el avance de los servicios puede estimarse como parte integrante del progreso de la especialización y la división del trabajo. Si nos situamos en la perspectiva de la demanda, el progreso de tales servicios, hay que verlo como el resultado del cambio de costumbres que trajo el incremento de la renta y la capacidad adquisitiva. Se denota una mayor demanda de servicios en la medida que la economía fue mejorando, incluso superando en ocasiones la propia demanda de bienes. Normalmente, el crecimiento de los servicios se entiende como un efecto o subproducto del crecimiento de los otros sectores, especialmente la industria. El problema es que, dadas las diferencias de productividad, los servicios tienden a crecer proporcionalmente más, y a aumentar así su parte relativa en el conjunto.

Unido a esta situación, comenzaron a surgir negocios y servicios profesionales dentro de la ingeniería, que se desarrollaron como actividades independientes que gozaban de gran libertad comercial. En la medida que las ciudades fueron creciendo, los servicios fueron aumentando. La urbanización y la industrialización, generaron una demanda creciente de servicios profesionales, que en muy pocas oca-

¹⁹ HARTWELL, R. M. (1983), pp. 371-409.

siones se habían planteado en la etapa preindustrial. La demanda fue cubierta por la correspondiente especialización de la burocracia municipal, empresas privadas o por otros organismos.

Los servicios crecieron como respuesta a las fuerzas del mercado, pero también existieron otros factores que facilitaron esa maduración. Si en la Europa preindustrial la demanda era muy reducida, la baja producción encarecía demasiado el coste del producto o del servicio que se ofrecía. Es lógico, por tanto, deducir de la escasa importancia cuantitativa del sector servicios su elevado coste y que éste supusiera una barrera al crecimiento. En cambio, los adelantos tecnológicos que trajo consigo la Revolución Industrial propiciaron una reducción de los costes, tanto fijos como variables, que facilitaron su expansión. La estrecha relación entre industria y servicios consolidó la expansión de ambos sectores, e incluso su relación de complementariedad explica el rápido crecimiento de los servicios y el aumento de su productividad. A finales del siglo XIX surgieron determinados servicios, como los tranvías, alumbrado eléctrico o el suministro de gas, que evolucionaron de forma significativa en el siglo XX. A estos hay que sumar el abastecimiento y suministro domiciliario de agua potable a las ciudades.²⁰

Otros elementos a tener en cuenta son los cambios estructurales, muy conectados con las modificaciones de la demanda. Según la ley de Engel, a medida que crece la renta disminuye la proporción de ingresos dedicada al gasto en alimentos, mientras que aumenta la parte dedicada a los servicios. La elasticidad-renta de la demanda de servicios, comenzó a superar la de bienes desde finales del siglo XIX, al tiempo que disminuyó la de alimentos. La demanda de servicios ha aumentado, pero la tasa de crecimiento de su productividad ha tendido a ser menor que la de la industria y, por lo tanto, el sector servicios ha absorbido una proporción de fuerza de trabajo y de capital cada vez mayor.

Una característica de las economías del siglo XX ha sido la creciente intervención del Estado y de sus servicios auxiliares en la producción de bienes y servicios públicos. Durante la Revolución Industrial los gobiernos, locales o nacionales, fueron adquiriendo mayor protagonismo en las actividades relacionadas con los servicios. Los municipios tuvieron que enfrentarse a los problemas generados por las aglomeraciones urbanas como la salud pública, la extensión y desarrollo de las ciudades, el abastecimiento de agua potable, el saneamiento de las residuales, los transportes urbanos, etc. En unas ocasiones las funciones de gobierno tuvieron que ampliarse para contrapesar los costes sociales de la industrialización; en otras,

²⁰ WILLIAMSON, H. F. (1981), pp. 753-755.

para absorber funciones que hasta entonces habían sido desarrolladas por otras instituciones, como fue el caso de la sanidad; e incluso, con el fin de mejorar la eficiencia económica de determinados servicios.²¹

Como hemos visto, una de las consecuencias del aumento de la industrialización, especialmente en su segunda fase, ha sido el desarrollo del sector servicios. El crecimiento urbano y el aumento de la renta, fueron asimismo agentes que facilitaron esta expansión. Con todo, el ritmo de crecimiento de la demanda fue tan espectacular, que se hizo difícil satisfacerla plenamente, es decir, no existía una correspondencia paralela, especialmente en la construcción de las infraestructuras, para satisfacer las necesidades de la nueva ciudad industrial.

La demanda, referida concretamente al agua potable, venía motivada esencialmente por el crecimiento industrial, demográfico, urbano, elevación de la capacidad adquisitiva, insuficiencia del Sistema Clásico de Abastecimiento y la existencia de momentos críticos que habían provocado el colapso del sistema de saneamiento. Por otra parte, la oferta estaba delimitada por la necesidad de realizar masivas inversiones, el desarrollo tecnológico y la capacidad gerencial, entre otros aspectos. Los problemas surgían habitualmente de las escasas previsiones de los administradores durante varios años de gestión y gobierno, ya que las necesidades de agua no se presentaban de repente, ni era posible resolverlas inmediatamente.

Los Ayuntamientos convocaban proyectos por determinados volúmenes de agua prefijados, que atendían a unos presupuestos reducidos y asentados en unos índices de consumo muy bajos. La expansión de la industria en la etapa final del siglo XIX y la difusión de costumbres sobre la higiene para mejorar la salud pública, hacían completamente insuficientes estos cálculos. La tasa de crecimiento del agua abastecida entre 1870 y 1930, en casi todas las ciudades importantes, así lo confirma. El cálculo del volumen para satisfacer el suministro domiciliario e industrial, era meramente teórico. Se realizaba a partir de las consideraciones de ingenieros o higienistas, pero no tenían una base estadística o científica. El desarrollo de la industria del tinte, por ejemplo, que necesitaba una gran cantidad de agua para sus técnicas productivas, desarmaba cualquier predicción de ese tipo. La extensión de los cuartos de baño, aunque lenta, y el cambio de costumbres hizo lo mismo con esas previsiones.

La situación económica por la que atravesaban muchas de las empresas dedicadas a la gestión del suministro de agua en el primer tercio del siglo XX, no permitió tampoco grandes aventuras inversoras con las que aumentar considera-

²¹ HARTWELL, R. M. (1983), pp. 385-389.

blemente el volumen del suministro. Aunque no existió una modalidad única en la gestión del servicio de abastecimiento de agua potable, era ante todo una responsabilidad municipal legalmente establecida, cuya gestión se podía encomendar a concesionarios o hacerse en régimen de gestión directa. En un primer momento, los Ayuntamientos encomendaron la gestión a empresas concesionarias, pero al cabo del tiempo terminaron por recuperar la gestión de esos servicios. Es decir, se produjo una progresiva municipalización.

4.2 Crecimiento del nivel de vida y de la capacidad adquisitiva

Existe coincidencia en atribuir a la Revolución Industrial, en el sentido de la adopción general de mejores técnicas de producción basadas en la aplicación deliberada del conocimiento científico a una amplia gama de problemas agrarios e industriales, la que permitió el crecimiento relativamente rápido y continuo de las rentas reales per cápita en países considerados como «avanzados» o «desarrollados».

La forma para realizar la profunda transformación de los métodos de producción y de la organización económica varió de manera sustancial en los distintos países. En el caso de Inglaterra se puede afirmar que lo sucedido en los últimos años del siglo XVIII representó un cambio de dirección, y las consecuencias determinaron el desarrollo futuro de la economía. En otros países también existió semejante concentración de innovaciones. A pesar del relativo atraso de la industria francesa, las rentas medias reales aumentaron aproximadamente en la misma cantidad en Inglaterra y Francia. El ritmo de crecimiento, fue algo distinto en los dos países: el índice francés de crecimiento fue más bajo que el inglés durante la primera fase de la Revolución Industrial, pero fue más elevado en los años siguientes. Al final del siglo XIX, Inglaterra, nuevamente adelantó a Francia.

Un parecido y escalonado proceso de desarrollo experimentó Holanda, aunque el índice de crecimiento fue comparativamente bajo. En términos de estructura ocupacional la economía holandesa estaba bastante más desarrollada que la inglesa en la mitad del siglo XVIII. Sin embargo, se estancó. Tras superar los desastres de la ocupación francesa y el Sistema Colonial, la economía comenzó a crecer, pero sin aceleraciones significativas. El índice de crecimiento de las rentas reales per cápita durante el período 1800-1910 fue casi exactamente el mismo que el

índice de la primera mitad del siglo XX, es decir, bastante menos que el 0,9% anual.²²

En Alemania, a mediados del siglo XIX, la *renta per cápita* de la población alcanzó un índice anual de crecimiento de un 0,8%. Y en el último tercio del siglo, la renta nacional real total del Imperio Alemán se duplicó y aumentó en un 70% antes del estallido de la Primera Guerra Mundial.

La historia económica del siglo XIX en España se caracteriza por su crecimiento lento y atraso con respecto a la norma europea. Se puede decir que el atraso se ha definido como un crecimiento de renta real *per cápita* a medida que crecía el ingreso por habitante, unido a un proceso divergente de transformación estructural. En el contexto de Europa occidental, España, al tiempo que logra iniciar el crecimiento sostenido de su renta por persona, experimentó atraso y se rezagó a lo largo del siglo XIX respecto del grupo de países más industrializados. Los datos disponibles no parecen sugerir que, hacia mediados de siglo, la economía española tuviese un nivel de ingreso por habitante o rasgos estructurales comparables a los de Gran Bretaña o Francia.

En España, durante el siglo XIX, se observan dos claros subperíodos. Durante la primera mitad, la economía permaneció virtualmente estancada, lo cual a su vez fue resultado de dos fases divergentes: de 1800 hasta 1840, final de la Primera Guerra Carlista, hubo contracción económica; en el período 1840-1860 se produjo una lenta recuperación. En la segunda mitad del siglo, empalmado con la

²² A pesar de lo reseñado, es preciso analizar con cierta perspectiva estas cuestiones, especialmente al suponer que la Revolución Industrial causa la desaparición virtual de la agricultura o al comparar el crecimiento económico con la industrialización en el sentido limitado de un crecimiento de la industria de manufacturas. Existe una relación directa entre estos desarrollos, porque las rentas agrarias tienden en todos los países a ser más bajas que las rentas industriales; por tanto, un cambio estructural favorable a la industria conduce automáticamente a un aumento de las rentas per cápita; y también porque el progreso tecnológico del pasado ha sido generalmente más rápido y continuo en la industria que en la agricultura. Pero no se puede olvidar que la industrialización creciente trae consigo desarrollos que empujan la renta nacional con formas que no son indicativas de un aumento de bienestar. Los precios y por lo tanto las rentas son casi invariablemente más elevadas en las zonas urbanas que en las rurales. La necesidad de un sistema completo de transporte para llevar la comida a los consumidores de la ciudad, o para llevar los trabajadores a los lugares de producción, no representa una adición neta al bienestar individual o de todos modos no hasta el grado de que suban las rentas nacionales. Al estimar niveles de rentas nacionales per cápita en diversos países estas discrepancias ficticias sólo pueden ser señaladas, no medidas, porque mientras que los totales de la renta nacional, como normalmente se concibe, pretenden medir el flujo neto de bienes y servicios producidos, no miden el flujo neto de bienes y servicios consumidos. DEANE, P. (1991); JACOBS, J. (1986); LANDES, D. S. (1979).

recuperación a partir de 1840, se inició, aunque muy lentamente, un proceso de crecimiento que fue ganando velocidad con el tiempo, y que continuó en el crecimiento rápido del siglo XX.²³

Es característica la descripción que sobre la economía española del XIX realiza Tortella, al presentarla como propia de un país atrasado, encerrado en sí mismo, que ha perdido un imperio gigantesco, con una agricultura pobre y una industria escasa. Este perfil señala a grandes rasgos la situación de España antes de la Primera Guerra Mundial.²⁴ Pero junto a los bajos niveles de inversión, la persistencia de la agricultura tradicional y la debilidad de la industria, se produce por vez primera un aumento sostenido del ingreso real por habitante y se dan los primeros pasos en el proceso de modernización de la estructura de la economía española. De ahí, que los términos estancamiento y fracaso no sean los más adecuados; y en cambio, sí el de atraso, concepto compatible con el de crecimiento.²⁵

El siglo XX presenta características ligeramente similares a las del XIX, aunque en mayor escala: relativo estancamiento en la primera mitad, claro crecimiento en la segunda. El estancamiento aparente de la primera mitad es la resultante de un rápido crecimiento en el período 1900-1930, y de una larga caída debida a los efectos combinados de la Gran Depresión, la Guerra Civil, y una depresión postbélica excepcionalmente larga. A partir de 1950, aproximadamente, tuvo lugar un proceso de crecimiento económico, que resultó muy rápido tanto en comparación con las tasas de períodos anteriores como con las internacionales. Comparando un siglo con otro, hay que decir que fue en el siglo XX cuando tuvo lugar ese cambio estructural profundo que llamamos *desarrollo económico*, y el momento en que España experimentó la transición a la industrialización y la modernidad.

4.3 Crecimiento de la demanda de agua potable

4.3.1 Etapas y proceso evolutivo

Para comprender en su contexto el crecimiento de la demanda de agua potable, es preciso realizar un análisis a largo plazo, que permite distinguir cinco etapas en la evolución de la demanda de agua.

La primera, que se puede denominar agrícola natural, se basa en una demanda que depende de los recursos que ofrece la naturaleza. Los asentamientos de los

²³ TORTELLA, G. (1994), pp. 1-4.

²⁴ TORTELLA, G. (1985), p. 135.

²⁵ PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (1988), pp. 64-65.

pueblos prehistóricos en las cercanías de los cursos de los ríos serían un claro ejemplo. Se buscan lugares bien abastecidos, donde el escaso nivel poblacional no plantea problemas de insuficiencia del recurso. El período Paleolítico y Neolítico son un fiel reflejo de esta situación.

La segunda, propia de las sociedades preindustriales, se caracteriza por un escaso consumo de agua tanto en relación con los usos domésticos, como con los económicos, si bien se establecen en el primer caso claras diferencias entre el medio urbano y el rural, ya que las deficiencias de abastecimientos y de las condiciones higiénicas son mucho más acusadas en el segundo caso. Su utilización económica es muy puntual restringiéndose al regadío, al artesanado, transporte y aprovechamiento de su riqueza piscícola. Realmente a excepción de las escasas necesidades que implicaban estas actividades, la demanda del agua se restringía a satisfacer aquellas propias para el mantenimiento de la vida dentro de unos niveles de subsistencia. Esta situación no exigía grandes acondicionamientos hidráulicos, y en líneas generales la preocupación por la gestión, organización y conservación del recurso apenas está presente.

En esta etapa podemos distinguir el mundo antiguo, con el desarrollo de las infraestructuras hidráulicas tanto para el regadío como para los abastecimientos urbanos, donde tenemos el ejemplo de las civilizaciones antiguas: los canales de irrigación en Mesopotamia y Egipto, o los acueductos romanos. Posteriormente, en la época medieval y moderna, la demanda de agua comenzó a crecer por la dinámica artesanal y la focalización de algunos núcleos urbanos. Aunque existe una insuficiente oferta en muchos momentos, las crisis epidémicas y la consiguiente reducción de la población, vuelven a situar la demanda en un nivel suficiente.

Se puede establecer una tercera etapa de transición en la que el Estado comienza la construcción de importantes canales que sirvan de medio de comunicación y transporte, además de tener funciones de regadío. En la segunda mitad del XVIII se detectaron por primera vez los problemas de abastecimiento urbano que fueron tan evidentes y notables en el siglo XIX.

La cuarta etapa vino determinada por la industrialización. A lo largo del siglo XIX, este fenómeno económico condicionó nuevas formas de vida y promovió el nacimiento de una nueva sociedad urbana y tecnológica. Se diversificaron los usos del agua, siendo significativos aquellos que imponía la demanda surgida de las ciudades, que paulatinamente se fueron incrementando en la medida que se difundieron nuevas ideas sobre la higiene y los hábitos ciudadanos.

La quinta etapa ha venido definida por las llamadas sociedades postindustriales en las cuales el incremento y la diversificación de la demanda alcanzan sus

cotas más altas. A partir de 1955 la economía adquirió un elevado grado de desarrollo que implicó un mayor consumo de agua que se vio multiplicado por las nuevas exigencias que entrañaba una mejora del nivel de vida. La nueva estructura social y económica requería el agua en unas proporciones desconocidas hasta entonces: usos urbanos, industriales, turísticos, etc., imponían un nivel difícil de alcanzar. Esta nueva situación coincidió con una nueva postura ante la utilización del agua: ya no sólo empezaba a preocupar su cantidad, sino su calidad y conservación, si bien estos dos últimos aspectos eran posteriores a los problemas originados por la contaminación derivada de un uso indiscriminado y escasamente controlado. Es decir, ante las crecientes necesidades impuestas por esas nuevas formas de vida propias de una sociedad desarrollada y ante las exigencias futuras, se ha tomado conciencia de los problemas que se pueden originar, surgiendo una nueva sensibilidad hacia el agua.

El rápido crecimiento de las ciudades y de las industrias durante la segunda mitad del siglo XIX necesitaba de un incremento paralelo del suministro de agua, un elemento que se había convertido en vital tanto para la industria como para el consumo doméstico. La necesidad de redes de suministro más amplias y mejores—algo que las autoridades públicas ya habían comprendido a principios del siglo—tenía ahora un reconocimiento general. El consumo aumentó en cifras considerables.

Por tanto, en la etapa que nos interesa —la segunda industrialización— el incremento en el consumo se debió, no sólo al gran volumen de las poblaciones urbanas e industriales, sino al cambio de hábitos. Así, la población que hasta bien entrado el XIX había dependido de pozos o fuentes de propiedad particular, ahora recibía el agua en su propio domicilio; además se empezó a generalizar el uso de sanitarios y bañeras. A pesar de esta expansión, el suministro domiciliario no se llegó a universalizar hasta bien entrado el siglo XX, primero en las ciudades y después de 1950 se comenzó a extender por los pueblos más pequeños. En las décadas finales del siglo XIX tener agua corriente en las casas era algo todavía muy circunscrito a determinado nivel social. En cambio, sí eran más frecuentes la instalación de baños públicos, las fuentes en las cercanías de las viviendas, o servicios sanitarios comunes para toda una gran casa de vecinos.

El problema era por un lado las instalaciones y su costosa financiación, pero también la dificultad para obtener el volumen suficiente. Por ejemplo en Gran Bretaña, las compañías fundadas a principios del siglo para vender agua en las localidades tenían grandes dificultades para reunir las sumas necesarias para habilitar fuentes para el nuevo sistema de suministros, en especial cuando esas fuentes requerían estar en embalses y necesitaban de largos acueductos. Muchas compa-

ñas sólo podían abastecer a una parte de las casas en su área, y además sólo había agua en períodos intermitentes de una hora o dos. Incluso cuando tenían los medios, como sucedía en Londres, las compañías eran reacias a que hubiera un suministro constante: temían la pérdida de agua por el lamentable estado de las cañerías o por el mal uso de los consumidores. Aparte de las necesidades domésticas, se necesitaba el agua para limpiar las calles y las cloacas, apagar fuegos, y para los baños públicos y lavanderías (la primera abierta en Liverpool en 1842). El suministro intermitente no era satisfactorio para estos servicios públicos, y para apagar fuegos, inadecuado.²⁶

Existen, por tanto, una serie de factores que han contribuido al incremento de la demanda de agua: crecimiento de la población, la diversificación de las actividades económicas, el desarrollo tecnológico y el aumento del nivel de vida. Estos elementos muestran cómo la utilización del agua estaba muy condicionada al desarrollo social y económico.

4.3.2 Aumento cuantitativo de la demanda

El crecimiento urbano planteaba la necesidad de aumentar la oferta de agua debido a la existencia de un mayor número de consumidores y de unos superiores consumos per cápita, sin olvidar la obligación de extenderla a zonas nuevas de la ciudad. Asimismo, la expansión de las industrias hacía más urgente el crecimiento de la oferta

El crecimiento de la población urbana es evidente en el siglo XIX y ya hemos hecho referencia globalmente a este aumento. Las cifras de algunas ciudades concretas ratifican esta tendencia. Gran Bretaña, que fue la nación donde primeramente se desarrollaron las empresas de abastecimiento, es una muestra positiva de este aserto. Glasgow pasa de los 77.000 habitantes en 1800 a los 345.000 en 1850; y, solo treinta años más tarde ya ha alcanzado los 587.000. Una vez superado el siglo XX, en 1910 está en la cota de los 784.000 habitantes. Liverpool sigue unos parámetros similares: 82.000 habitantes en 1800; 376.000, en 1850; 553.000 en 1880; para llegar a los 746.000 habitantes en 1910. Manchester repite idéntica propensión: 75.000 habitantes en 1800; 303.000 en 1850; 341.000 en 1880; y, 714.000 en 1910. La capital, Londres, ya había superado el millón de habitantes en 1800; en 1850 superaba los dos millones y medio; en 1880 estaba en 4.770.000; y, en 1910, tenía 7.256.000.

²⁶ BRUCE, F. E. (1980), pp. 552-553.

Análisis parecidos podemos realizar de las ciudades francesas o alemanas. París se duplica en la primera mitad de siglo, en 1859 ya superaba el millón de habitantes; en 1880 está en 2.269.000; y, en 1910 alcanzaba los 2.888.000 habitantes. El ritmo de crecimiento de Marsella es también espectacular: 111.000 habitantes en 1800; 195.000 en 1850; 360.000 en 1880; y, en 1910 estaba por encima del medio millón de habitantes. Por su parte Berlín, si en 1800 no llegaba todavía a los doscientos mil habitantes, en 1880 estaba por encima del millón de habitantes; y, Munich en el mismo espacio de tiempo multiplicó por seis su población, llegando a los 230.000 habitantes.

En España también se da un importante aumento de población en las ciudades. Entre 1860 y 1930 se dan los índices más importantes de crecimiento urbano. Madrid y Barcelona, por ejemplo, crecen entre esos años más del trescientos y quinientos por cien, respectivamente. Porcentajes similares encontramos en gran parte de las ciudades españolas: Valencia, Córdoba, Las Palmas, Coruña, Linares, etc.

Ante ese desproporcionado aumento de los consumidores, la demanda de agua se disparó a lo largo del siglo XIX. El agua suministrada por las compañías londinenses, por ejemplo, pasó de los 44.4 millones de galones diarios en 1849 a los 215 en 1901. En Bradford, una ciudad de crecimiento industrial muy rápido, el suministro público entre los años 1855 y 1873 aumentó dieciocho veces.²⁷ Como hemos visto, la población de las ciudades aumentó a un ritmo considerablemente rápido. En Glasgow, por ejemplo, que se multiplicó por cuatro entre 1801 y 1851, la demanda de agua aumentó desde los 6.500.000 galones diarios en 1838 a los 14.000.000 de galones al día algo más de una década más tarde.²⁸

En Francia, París hacia 1800 tenía un consumo de unos 8.000 metros cúbicos de agua por día, es decir, poco más de 13 litros por habitante. Un siglo después, en 1900 —año de la Exposición Universal—, el nivel de consumo había ascendido a los 250 litros por habitante y día. En otras ciudades francesas de tamaño mediano como Angers el consumo teórico pasa de 60 litros por día en 1856 a 150 en 1860; en 1892 la cifra asciende a 270 litros, para pocos años después, en 1900, decaer a los 100. Una vez avanzado el siglo, en 1933, remonta hasta los 182 litros por habitante y día. La ciudad de Rennes contaba con un aporte medio de 12.000 metros cúbicos en 1883, aproximadamente unos 180 litros por habitante y día. El crecimiento de la población fue por delante de la oferta de agua, lo que provocó

²⁷ BRUCE, F. E. (1980), p. 552.

²⁸ KENNARD, J. (1980), p. 491.

que en 1931 el consumo por habitante y día estuviera alrededor de los 135 litros, cifra considerablemente inferior a la existente cincuenta años antes. La insuficiencia del sistema de abastecimiento fue tan importante, que los trabajos de abastecimiento fueron considerables en los años siguientes, y en 1939 la oferta se cifraba en 400 litros por habitante y día.

En España, Madrid es un ejemplo válido del fuerte crecimiento de la demanda experimentada en la etapa de la segunda industrialización. En 1860 la dotación de agua estaba en tan sólo 29 litros por habitante y día, a pesar de la entrada en funcionamiento de las primeras obras del Canal de Isabel II. La sequía que azotó durante varios años a Madrid, junto con el constante crecimiento de la población, hizo más evidente la necesidad de realizar obras que aumentaran el caudal de agua. En 1877 se elevó hasta 76 litros, en 1890 estaba en los 121, y en 1900 alcanzó los 131 litros por habitante y día. A pesar del considerable aumento en el suministro, éste continuaba siendo insuficiente para abastecer a la población madrileña. Similares apreciaciones podemos hacer de muchas ciudades españolas. El aumento del suministro de agua fue patente en las últimas décadas del XIX y primeras del XX, pero el nivel de la oferta seguía estando por debajo de la demanda. El ritmo de crecimiento de la población estaba muy por encima de la oferta existente, las nuevas costumbres y la flamante acción de los higienistas exigían que el suministro fuera cada vez más elevado.

4.3.3 Aumento cualitativo de la demanda

Hemos mencionado los cambios de costumbres y las políticas higienistas que se adoptan a partir de 1850 en muchos países europeos. En España estas medidas comienzan a ser más efectivas en las primeras décadas del siglo XX. Esta nueva actitud genera un cambio en la exigencia sobre la calidad del agua. No basta que el suministro sea suficiente, sino que contenga también unas mínimas normas de calidad: claridad, purificación, desinfección, etc.

Las modernas teorías higienistas abundaban en la necesidad de consumir más cantidad de agua y de más calidad, especialmente para el consumo y la limpieza de las casas. Los estudios de Chadwick se fueron conociendo por el continente y se fueron generalizando sus ideas sobre la salubridad en las casas y calles, instalación de los retretes, etc. A finales de siglo comienza a ser normal, que en determinados ambientes sociales, las casas tengan cuartos de baño. Asimismo, se insiste en la conveniencia de la limpieza de la ciudad, y surge un creciente interés ciudadano por los aspectos del entorno urbano, calles limpias, viviendas adecuadas, aire limpio, espacios abiertos, jardines y parques, etc. En general, comenzaba a

relacionarse el uso del agua con una mayor salud; aunque las técnicas de tratamiento de agua variaron conforme avanzaron los conocimientos científicos sobre el agua, y también en la medida en que la tecnología encontraba fórmulas más eficaces para mejorar su calidad.

El tratamiento del agua exigió fuertes desembolsos, puesto que algunas de estas técnicas eran todavía muy caras. Además tardaron en aplicarse puesto que no existía una conciencia clara de la necesidad de tratar el agua para eliminar los peligros de las epidemias. Los descubrimientos de Pasteur y Koch en la recta final del XIX facilitaron la aplicación de estas técnicas, y un compromiso de buscar soluciones a ese problema. La cuestión no parece que generase problemas, pero las pequeñas y grandes disposiciones que tuvieron que adaptar los empresarios, municipios y legisladores para mejorar la calidad del agua, hacía que el producto se encareciera y la oferta sufriera limitaciones difíciles de superar. Algunas de estas medidas consistieron en la obligación de realizar tomas río arriba para evitar las aguas contaminadas, la necesidad de realizar presas que recogieran el agua de las zonas montañosas para cubrir la insuficiencia de las habituales fuentes de abastecimiento, los métodos de filtración y la instalación de plantas de tratamiento. Todas juntas mejoraban la calidad del agua, pero generaban también importantes costes adicionales.

5. EL PROBLEMA DEL AGUA EN LA SEGUNDA INDUSTRIALIZACIÓN

Durante la segunda industrialización el abastecimiento de agua potable a las ciudades se enfrenta a una serie de problemas que se pueden sintetizar en tres puntos básicos: cambio de proporciones del consumo, la división de los esfuerzos para arreglar el proble y las soluciones aisladas que se presentaron —en el caso español entre 1840 y 1880—, y, por último, las masivas inversiones, muy necesarias pero que conducían a respuestas bastante precarias.

En cuanto al primero, el cambio de proporciones en el consumo, si hasta 1850 el consumo de agua de las ciudades se asentaba en las fuentes públicas, ríos o manantiales cercanos; a partir de esa fecha, aproximadamente, se llevaron a cabo importantes obras de infraestructura para poder abastecer las ciudades. Los ríos o fuentes próximos no tenían la capacidad suficiente para abastecer la creciente demanda y se tenía que acudir a buscar el agua a zonas más o menos lejanas. Los pioneros en este tipo de infraestructuras fueron los municipios ingleses. En Manchester, en 1847, la corporación se embarcó en un ambicioso proyecto para llevar agua a la ciudad desde el lago Thirlmere a través de un acueducto de más de 100 kilómetros. En 1848, para asegurar el abastecimiento de Liverpool se construyó el pantano de Vyrnwy, en el norte de Gales, a unos 90 kilómetros de distancia. En las ciudades de Glasgow y Birmingham tuvieron que realizar acciones similares. En España, tanto Madrid como Barcelona, se practicaron idénticas soluciones. Para abastecer la capital de la monarquía fue preciso traer las aguas del Lozoya; en la

ciudad condal se recurrió a las aguas del río Besós y al llamado pozo de Montcada.

Pero no solamente cambiaron las proporciones de las distancias de los aprovisionamientos, también cambian las proporciones de los caudales, de las redes de suministro, de las zonas que se abastece, de la tecnología, etc. La demanda de agua que reclamaban las ciudades y las actividades industriales experimentaron un crecimiento espectacular, paralelo al desarrollo socioeconómico que se producía en la vida social. El crecimiento y la diversificación de la economía junto con el aumento del nivel de vida, fueron elementos importantes que marcaron la pauta de esos consumos.

Un segundo aspecto que se aprecia fue la gran compartimentación de los esfuerzos: no existía unidad, ni seguridad en las tentativas locales. El desarrollo del sistema de suministro de agua en las ciudades,²⁹ a lo largo del siglo XIX, mostraba grandes limitaciones en los recursos y en las capacidades necesarias. Las carencias técnicas y económicas de las iniciativas propiciaban una pobre y larga serie de proyectos fallidos, que no eran abordables si eran suficientes, o que eran insuficientes si eran abordables. Sólo ofrecían cantidades de agua, pero en ningún momento planteaban cómo resolver la traída y conducción, o cómo se financiaban las obras. Muchas veces, son ofertas de propietarios individuales que conocían la urgente necesidad que poseía la ciudad, pero en ningún momento se planteaban una resolución del problema a medio o largo plazo y con alguna visión de futuro. En este contexto en el que aparece una mayor demanda, la oferta comienza siendo desigual. En las primeras etapas de la puesta en marcha de estos abastecimientos, 1800-1850 en Inglaterra y 1840-1880 en España, los primeros intentos los promovieron pequeños y medianos propietarios que tras conseguir concesiones de agua, casi todas ellas reducidas, intentaron solucionar el problema del abastecimiento en zonas muy limitadas de las ciudades: una manzana de casas, el centro de la ciudad, algún núcleo del extrarradio, etc. Estas iniciativas aisladas eran incapaces de afrontar las exigencias financieras y técnicas que precisaba la instalación de un moderno sistema de agua potable. Este fue un problema evidente que ralentizó su puesta en marcha o retrasó la extensión del suministro a toda la ciudad. La aplicación de las nuevas tecnologías y la salvaguarda de la potabilidad del agua exigía procedimientos globalizadores.

Los Ayuntamientos por su incapacidad gerencial y económica, e insolvencia para absorber plenamente el servicio, dejaron el abastecimiento de agua en ma-

²⁹ Estas impresiones las deducimos, de modo especial, del análisis de la prosopografía urbana de Gran Bretaña, Francia y España.

nos de compañías privadas, aunque éstas tampoco solucionaron rápidamente el suministro. La demanda marchaba por delante, siempre detrás de una oferta escasa. Más tarde, en las últimas décadas del XIX, al analizar el proceso histórico de estas empresas, se advierte que terminaron —gran parte de ellas— integradas en compañías más fuertes, que de ese modo ampliaban el mercado al adquirir las concesiones de las pequeñas sociedades.

Por último, en cuanto al tercer punto, las elevadas inversiones que eran precisas para las obras del primer establecimiento, ocasionaban frecuentes retrasos en su ejecución y la consiguiente demora en cubrir el suministro. La implantación de las nuevas tecnologías se hizo de un modo muy lento en España, y cuando se produjo consolidó la tendencia monopolista del sistema. En Inglaterra fue una característica común la disputa de varias compañías por el suministro de agua potable a una ciudad, pero también fue corriente que llegaran a acuerdos de fusión. En España el proceso fue más rápido, porque aunque en las grandes ciudades se produjeron muchas iniciativas destinadas al abastecimiento de agua, éstas terminaban —como hemos mencionado— bajo el control de las grandes compañías. En los pequeños y medianos municipios era difícil encontrar más de una sociedad dedicada al abastecimiento de agua.

Las grandes inversiones necesarias hicieron que muchos proyectos quedasen incompletos, se produjera el fracaso antes de llevarlos a cabo, o que los cambios en la titularidad de las concesiones fuera una constante. En España, los ejemplos de Sevilla, Cádiz, Valladolid, o incluso la propia Barcelona —a pesar de que fue la ciudad que mejor resolvió el problema del abastecimiento—, han sido muestra palpable de esta cuestión. La entrada de inversores extranjeros fue una respuesta a la incapacidad que tenía el capital nacional para adentrarse decididamente, de un modo global y completo, en el tema del suministro de agua.

6. NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SU APLICACIÓN AL ABASTECIMIENTO DE AGUA

Las nuevas tecnologías facilitaron en gran medida muchas de estas soluciones. Las técnicas adoptadas estuvieron vinculadas a respuestas muy diversas, pero todas ellas pretendían asegurar no sólo la traída de aguas, sino también su calidad, un mejor aprovechamiento y obtener un control más eficiente de los recursos. Algunas de estas técnicas eran conocidas desde tiempo atrás, pero con el descubrimiento de nuevos materiales y la aplicación de nuevas tecnologías se produjo un cambio ostensible en los abastecimientos de agua: la mejora en la excavación

de los pozos, la propagación de presas y pantanos, la mejora de los acueductos y las conducciones, las bombas y los aparatos de extracción.

6.1 *Sistemas de captación y almacenamiento*

Normalmente, la excavación de un pozo superficial requería poca habilidad. Se necesitaba poco más que un tubo de sondeo para comprobar la verticalidad, un modo de retirar el material excavado, y la provisión de un revestimiento adecuado para sujetar los bordes y evitar la contaminación de la mejor manera posible. Se solía utilizar el ladrillo como revestimiento, pero en terreno húmedo se utilizaba además arcilla con grava tras la pared del ladrillo. Conforme avanzó el siglo XIX se desarrollaron los revestimientos de hormigón y hierro fundido. Los avances tecnológicos permitieron que estas perforaciones cada vez fueran más profundas.

En las zonas donde las condiciones geológicas eran favorables era corriente la perforación de pozos superficiales, desde los que se extraía el agua que suministraba las casas particulares, las industrias, las fuentes públicas. También era normal utilizar los afluentes que brotaban en la linde de estratos permeables o de arcilla impermeable. Sin embargo, la industrialización favoreció la contaminación de muchos de estos puntos de abastecimiento, y provocó que se tuvieran que abandonar o también la realización de perforaciones más profundas.³⁰

El desarrollo del sistema de canales durante la primera fase de la revolución industrial, y la construcción de grandes depósitos con el propósito de llenarlos de agua, proporcionó información y experiencia valiosa que, a su vez, se utilizó para la construcción de similares instalaciones para el abastecimiento de agua. De todas formas, muy pronto se supo que los datos esenciales para que se le diera importancia debida al aspecto hidrológico en el diseño de depósitos, dependía de fiables mediciones de agua de lluvia, evaporación y pérdidas por absorción y en los arroyos y ríos durante las estaciones secas. En Gran Bretaña, J.F. Bateman, al diseñar las modernas instalaciones de abastecimiento de agua de Manchester criticó, como otros muchos ingenieros de su época, la regla del pulgar y métodos de adivinación vigentes por aquel entonces; y como alternativa propusieron a las

³⁰ Desde el siglo XVII era frecuente la perforación de pozos profundos para obtener agua de fuentes subterráneas permeables, y a menudo se encontró que el agua emergía a la superficie y se desbordaba. Este tipo de pozo, conocido como artesiano, se denominaba así por el lugar, Artois, en el que se constató por primera vez este fenómeno. En la primera mitad del siglo XIX el incremento del número de pozos dio lugar a que se agotaran algunas fuentes subterráneas. KENNARD, J. (1980), pp. 490 y 498.

empresas que dispusieran de un medidor de lluvia en diferentes lugares para su estudio.³¹

³¹ Los primeros registros pluviales en las Islas Británicas fueron recogidos por Richard Townley en Townley, cerca de Burnley, entre 1677 a 1703. Para 1788 había ya diez registros de ese tipo, pero el registro de lluvia se consideraba como algo que no pasaba de ser un hobby de científicos y clérigos. Hasta 1847 no se realizó un registro serio. Fue realizado por James Glaisher (1809-1903) y continuado por G.J. Symons (1838-1900) desde 1860 en adelante. Con gran interés, Symons reclutó observadores, y para el final del siglo ya había más de 3.000. En 1868 Thomas Hawksley elaboró una regla para calcular la capacidad de almacenamiento requerida para asegurar un suministro continuo durante tres años consecutivos, basado en la observación de que la media de lluvia más baja durante tres años seguidos solía ser, *casi con precisión*, cinco sextos de la media de lluvia a largo plazo. Otros datos llevaron a Alexander Binnie (1839-1917), en 1892, a modificar esta regla reduciendo la fracción a cuatro quintos, y esta regla corregida ha sido, desde entonces, usada ampliamente para las estimaciones cuando sólo se cuentan con datos de lluvia. En Viena, W. Rippl, en 1883, introdujo este método para realizar el cálculo del agua que se podía almacenar cuando se poseían los datos del caudal de los ríos durante un período de varios años.

En Gran Bretaña, en 1919, el registro de lluvia se convirtió en un servicio nacional dirigido por la Oficina Meteorológica que dependía del Ministerio del Aire. La importancia de la geología para el ingeniero de aguas fue advertida cuando James Hutton publicó su *Teoría de la Tierra* en 1795. En 1815 William Smith publicó su famoso *Descripción de los estratos*, con el primer mapa geológico; tres años más tarde hizo el atlas geológico. Mientras tanto, en 1807, se fundó la Sociedad de Geología, y esta corporación creó en 1835 el Estudio Geológico de Gran Bretaña, la primera organización de este tipo en el mundo. Unos pocos años después aparecieron los mapas de estado mayor una escala seis a una milla. Estos datos dejan claro el creciente interés por las aplicaciones científicas y tecnológicas para la obtención de recursos que asegurasen el abastecimiento de agua.

Estas mediciones pluviométricas se desarrollaron también, en gran medida, gracias al desarrollo de las grandes presas. Estos embalses, especialmente los de las zonas montañosas, exigían grandes inversiones y los proyectos debían estar calculados para combinar la rentabilidad económica y la capacidad de almacenamiento que asegurase un suministro constante, diario, independientemente de la lluvia. Era necesario, por tanto, conocer los lugares más adecuados para su ubicación, las zonas de mayor pluviometría, etc. KENNARD, J. (1980), pp. 490-491; BRUCE, F. E. (1980), pp. 557-558.

³² El hecho de encontrar una fecha tan tardía para la construcción de una presa destinada a embalsar agua para el abastecimiento humano, no puede extrañar por la razón de que en la época preindustrial no se consideraba potable el agua estancada o embalsada. Era preciso que corriera, de ahí la resistencia a realizar embalses para el consumo doméstico. Los embalses en la etapa preindustrial tenían como fin la irrigación de campos y el consumo industrial: molinos, bataneros, lavado de minerales, etc. Esto no quiere decir que no existieran algunas de estas construcciones en siglos anteriores, destinadas al abastecimiento de agua potable. Durante los siglos XVII y XVIII los turcos, verdaderos adelantados a su tiempo, construyeron diversos diques cerca del bosque de Belgrado en Estambul. Para determinar la conveniencia del agua para el consumo, estos pioneros utilizaban ingeniosos métodos: pesaban trozos de algodón, humedecidos con diferentes muestras de agua y después los ponían a secar al sol. Se consideraba que el agua de mejor calidad era aquella que no hacía variar el peso del trozo de algodón. KENNARD, J. (1980), p. 498.

Como consecuencia de la creciente contaminación de las zonas bajas de los ríos y la demanda de agua que excedió la capacidad de suministro de los pozos superficiales, hubo que centrar la atención en la obtención del suministro en los nacimientos de los ríos. Esto requería la construcción de diques y presas que permitieran el almacenamiento del agua.

En estas construcciones no se produjeron grandes avances en el campo técnico en la primera mitad del siglo XIX. El número de presas aumentó, viéndose espectaculares progresos en el cambio de rostro que presentó el paisaje. Pero en estos primeros años las técnicas utilizadas continuaban siendo las de épocas anteriores. Las primeras presas erigidas con la finalidad de convertirse en puntos de suministro de agua, se construyeron en Inglaterra alrededor de 1827.³² Este y otros pequeños embalses construidos en estos años, aportaron experiencia e información fiable para calcular el rendimiento de presas, y los datos obtenidos fueron usados para el diseño de sistemas más amplios como el de Manchester.

El diseño de los embalses fue mejorando conforme se adquirían conocimientos de las propiedades de los suelos, estabilidad de los diques y se incorporaban nuevos materiales más resistentes. Asimismo, se advirtió que era necesario calcular las tensiones internas del dique y relacionarlas con la resistencia de los materiales. Los primeros pantanos diseñados según estos nuevos principios se construyeron en Francia a partir de 1860. En Gran Bretaña la primera gran presa de albañilería se construyó entre 1881 y 1889 en el río Vyrnwy, con el fin de abastecer de agua potable la ciudad de Liverpool. Hacia esas fechas, y especialmente a finales de siglo, se comenzaron a utilizar los diques de hormigón en la construcción de presas. Las técnicas de construcción no habían evolucionado demasiado, pero los nuevos materiales —la sustitución de la arcilla por el hormigón— facilitaron nuevas posibilidades.³³ Esto permitió que las presas fueran muy elevadas y por consiguiente que aumentara el volumen de agua retenida con vistas al abastecimiento.

6.2 Sistemas de conducción y distribución

Las técnicas de conducción de aguas eran conocidas desde tiempos antiguos. Egipto, Mesopotamia y Roma, habían sido culturas que promovieron y desarrollaron este tipo de instalaciones. En el siglo XIX surgieron dos factores nuevos. El primero, vinculado a la lejanía de las fuentes de suministro: era necesario realizar

³³ Los experimentos con nuevos materiales tampoco evitaron los graves accidentes, como los ocurridos con el tercer depósito de hormigón del Canal de Isabel II, o el de la ruptura del dique de reserva de la presa de Dale en Sheffield. Esta presa cuando fue llenada por primera vez en 1864, se desbordó y causó la muerte a 244 personas, además de los importantes daños materiales. KENNARD, J. (1980), p. 498.

tomas cada vez más alejadas de los grandes centros urbanos. El segundo, la incorporación de nuevos materiales, que cambiaban la forma de los acueductos, y que facilitaban la traída de agua desde largas distancias.

En la etapa preindustrial los grandes acueductos eran construidos siguiendo la pendiente hidráulica, y actuaban como canales *abiertos*. Estaban hechos por el método de «cortar y cubrir» o mediante túneles. Durante la industrialización cambian los planteamientos técnicos de estas conducciones de agua. Se construían con ladrillos, más tarde con hormigón, e incluso en ocasiones se continuaba con la técnica de los túneles.

Otra de las novedades fue la utilización de tuberías de hierro fundido, hierro forjado y acero. Estos nuevos materiales permitían soportar la alta presión que se producía. Las juntas entre las tuberías se perfeccionaron, al igual que entre éstas y las válvulas. Todas estas mejoras eran muy conocidas en Inglaterra a principios del siglo XIX, aunque no estaban extendidas por todo el país. En otras regiones de Europa tardaron algo más en incorporarse, especialmente en los abastecimientos de las ciudades más pequeñas. Hacia mediados de siglo, con el desarrollo del proceso Bessemer en 1855, y la aparición del horno de solera abierta algunos años más tarde, el acero fue desplazando progresivamente al hierro forjado en la fabricación de tuberías.³⁴ Las primeras se conocieron en Estados Unidos en 1860, lu-

³⁴ Las innovaciones tecnológicas más notables que afectaron a la industria del hierro tuvieron lugar en la segunda mitad del siglo XIX, en relación con la manufactura del acero. Este es una variedad especial del hierro, contiene menos carbono que el hierro fundido, pero más que el hierro forjado. Por consiguiente, es menos frágil que el primero, pero más resistente y duradero que el último. Se fabricaba desde hacía ya varios siglos, pero en pequeñas cantidades a un alto coste, de forma que su uso estaba limitado a productos de alta calidad como limas, muelles de reloj, hojas de cuchillo, etc. En 1856, el inglés Henry Bessemer patentó un nuevo método para producir acero directamente del hierro fundido, eliminando el proceso de pudelación y ofreciendo un producto de más calidad. La producción del acero de Bessemer aumentó rápidamente y desplazó pronto al hierro ordinario en gran variedad de usos. A pesar de la mejora, el proceso Bessemer no siempre producía un acero de alto grado homogéneo y no podía ser utilizado con minerales de hierro fosfóricos. Para solucionar este defecto inicial, en los años sesenta un equipo de metalúrgicos franceses formado por Pierre Martin y su hijo Emile, y los hermanos Siemens, Friedrich en Alemania y William en Inglaterra, desarrollaron el horno de solera abierta u horno de Siemens-Martin. Era más lento y algo más costoso que el proceso de Bessemer, pero ofrecía un producto de mayor calidad. En 1878, Sidney G. Thomas y Percy C. Gilchrist, plantearon el proceso «básico», así denominado porque utilizaba piedra caliza y otras materias básicas para revestir el convertidor de Bessemer o el horno de solera abierta y neutralizar el fósforo ácido del mineral, lo que permitió el uso de las abundantes menas de hierro que contenían fósforo. Como resultado de estas innovaciones, la producción mundial anual de acero aumentó considerablemente, y la expansión de la industria del acero tuvo un profundo impacto en otras industrias, entre ellas en las de tuberías.

gar dónde tuvieron gran aceptación. En Europa tardaron más en aceptarse, principalmente porque eran más fácilmente atacadas por la corrosión que el hierro fundido.

Con todo, las tuberías de hierro fundido continuaron siendo las más usadas para distribuir el agua dentro de las ciudades. La extensión de la distribución, durante las últimas décadas del siglo XIX —especialmente en los países más industrializados—, y el paso de suministro de intermitente a continuo aceleraron el proceso de desgaste. De todas formas, se perdía agua por las tuberías inferiores y por las juntas, además de por el mal uso de las cisternas, e incluso se detectaba la tendencia entre la población a robar las juntas de bronce y cobre.³⁵ Mucho se hizo gracias a la mejora de las juntas y del trabajo de los fontaneros para superar estas dificultades. Las empresas de abastecimiento fueron autorizadas a investigar las conducciones y los edificios con vistas a evitar las pérdidas de agua. Por su parte, los consumidores fueron acostumbrándose gradualmente a tener un suministro de agua continuo y esto les hizo ser más responsables en su uso. Ya no era necesario dejar los grifos abiertos por miedo a no darse cuenta de cuando daban el agua.

Para facilitar la prevención del derroche de agua, y como estrategia comercial, se comenzó a utilizar el contador. G. F. Deacon lo inventó en 1873 en Inglaterra, país donde comenzó a utilizarse. Era colocado en puntos estratégicos del sistema de distribución. La lectura del contador a una hora temprana de la mañana indicaba si había existido un importante desperdicio de agua por pérdida, abuso u otras causas. Asimismo, fue importante el perfeccionamiento técnico de las válvulas. Permitía cerrar determinadas conducciones en zonas concretas de la ciudad, aislando de ese modo las tuberías defectuosas y los consumidores desaprensivos.

Otra invención de gran importancia económica fue la de J. G. Appold, un raspador de tuberías que era impulsado a lo largo de las mismas por la presión del agua que lo arrastraba: así se limpiaba la corrosión y las incrustaciones que reducían la capacidad de la tubería. En 1866 se empleó por primera vez en Torquay. Por su parte, el metro *Venturi* permitía una medición precisa del caudal en una tubería y fue introducido en Estados Unidos por Clemens Herschel en 1887. Con su utilización se simplificó enormemente la tarea de los ingenieros a la hora de controlar las instalaciones y la distribución.

La difusión de la máquina de vapor, máximo exponente de la industrialización, propició su aplicación en los abastecimientos de agua. Pocas eran las ciudades

³⁵ En Inglaterra un comité parlamentario de 1867 protestaba por «la tendencia de personas de inclinaciones malvadas a robar las juntas de bronce y cobre». BRUCE, F. E. (1980), p. 560.

que tuvieran una ubicación tan favorable que pudieran ser abastecidas sin la ayuda de bombas. Por ello el desarrollo de este tipo de maquinaria fue un factor decisivo a la hora de contribuir en la rápida expansión de los sistemas de distribución. En Gran Bretaña la utilización de bombas de vapor para la extracción o elevación del agua, fue algo usual a finales del siglo XVIII. En 1800 se encontraban en uso un buen número de bombas de vapor, casi todas diseñadas por el propio James Watt, para la elevación del agua. A partir de 1812, con la expiración de la patente de Watt, se propiciaron nuevos progresos. Ese mismo año, Trevithick creó la primera máquina de condensación a alta presión, conocida como la máquina Cornish.³⁶

La bomba de pistón alternativo impulsado por vapor continuó siendo la más normal hasta finales de siglo, teniendo en cuenta que la potencia, el control y la flexibilidad de la máquina de vapor se mejoraron mucho durante este período.³⁷ En Inglaterra, J. G. Appold y John Gwynne, trabajando por separado, mostraron en 1849 que la bomba centrífuga podía ser utilizada para sacar agua. Sin embargo, su puesta en práctica tuvo que esperar al desarrollo de motores más rápidos tales como la turbina de vapor y el motor eléctrico. Consecuentemente, no se usó hasta principios del siglo XX. Los motores de gas y gasolina, aunque bien asentados antes de 1900, no se emplearon en el suministro de agua hasta después de comenzado el nuevo siglo. Por último, el ariete hidráulico fue inventado y patentado por el francés J. M. Montgolfier, en 1797, pero su uso no se extendió hasta 1840. En 1868 el inglés John Blake, patentó un tipo mejorado de ariete capaz de mover un volumen de 100.000 galones diarios de agua.

6.3 El tratamiento de agua

Los nuevos conocimientos científicos y su aplicación en la tecnología tuvieron incidencia en el control de la calidad del agua. Antes de 1850 no existieron los estudios sobre las propiedades que requería el agua para el consumo humano. Sin embargo, la expansión industrial y el desarrollo urbano propiciaban una contaminación del agua cada vez más evidente. Los cursos de los ríos se convertían en

³⁶ Estas máquinas fueron desarrolladas primeramente para retirar el agua de las minas de Cornwall, pero terminaron siendo utilizadas en centros de suministro de agua. KENNARD, J. (1980), p. 499.

³⁷ La aparición de muchas de estas máquinas, entre ellas las de balancines rotativos construidas en 1848, se desarrollaron por la necesidad de mejores instrumentos de bombeo que contrarrestaran las variaciones de presión. KENNARD, J. (1980), p. 499; BRUCE, F. E. (1980), p. 560.

lugares comunes para vertido de residuos. Esta problemática auspició el interés de los higienistas por lograr una mayor pureza del agua. La característica de las múltiples pruebas y experimentos que se realizaron nos llevan a plantear una clara división cronológica entre el siglo XIX y el XX.

En el siglo XIX, los intentos por aplicar nuevas técnicas que solucionaran este problema, se encaminaron por el empleo de los filtros. Existían de muchos tipos y conforme fue avanzando la centuria se fueron haciendo cada vez más eficaces, menos costosos y más rápidos. Desde los filtros de arena ideados por Simpson en 1829, hasta el filtro purificador giratorio inventado en 1883, existió una creciente preocupación por mejorar este método. Un claro ejemplo lo tenemos en Inglaterra, donde entre 1850 y 1880 se dieron muchas patentes sobre distintos modelos de filtros para el tratamiento de agua.

El siglo XX contempla el segundo momento claro de intentos de realizar una completa desinfección del agua. Hasta el desarrollo de la ciencia bacteriológica no se entendió la insuficiencia de los filtros. La esterilización del agua era virtualmente desconocida hasta los inicios del siglo XX, cuestión que estuvo favorecida por el desarrollo de la ciencia bacteriológica a partir de 1860 con los estudios de Pasteur y Koch. La existencia de algunas de estas bacterias era algo conocido desde hacía más de doscientos años, pero no se descubrió su relación en el origen de enfermedades. Los análisis bacteriológicos del agua comenzaron a finales del siglo XIX, 1885, en Inglaterra, y se fueron extendiendo a las principales capitales europeas. Por otra parte la legislación sanitaria, tanto a nivel estatal como municipal, fue incorporando la obligación de realizar estos análisis. En España se refleja en leyes de comienzos del siglo XX, y algunos reglamentos municipales, como el de Barcelona, lo empiezan a recoger a finales del XIX. El método más usual para realizar la desinfección del agua fue la utilización del cloro. Aunque se conocía no se utilizó hasta finales del siglo XIX. En Inglaterra y Bélgica se habían realizado aisladamente algunos de estos experimentos, sin continuidad alguna, pero a partir de 1902 se realizaron las primeras instalaciones permanentes en las que se utilizó el cloro. En Gran Bretaña, a partir de 1905, comenzó a utilizarse habitualmente. En Francia, desde 1906, se aplicó la desinfección con ozono, pero este elemento no tuvo demasiado éxito en otros países. Estas fechas, principios del XX, marcan los inicios de la expansión por el resto del continente de estas nuevas técnicas para lograr una correcta desinfección del agua.

Los desarrollos descritos en este apartado desembocaron pasados unos cincuenta años en un cambio radical en la práctica del suministro de agua. Los avances técnicos posibilitaron la recogida y distribución de vastas cantidades de agua, necesarias para que los hombres vivieran con la seguridad de consumir un agua

sanitariamente potable, propia de unas ciudades modernas. Los adelantos científicos habían abierto nuevos campos de conocimiento que mostraron los peligros que existían, no perceptibles a simple vista, en el agua, y se pusieron al alcance de la mano los medios para combatirlos. En 1850 el suministro del agua era una labor todavía precaria, donde la organización empresarial del suministro comenzaba a dar sus primeros pasos; a principios del siglo XX era ya una ciencia, que conjuntaba presupuestos económicos con análisis químicos y proyectos de desarrollo urbano.

7. LAS RESPUESTAS AL PROBLEMA DEL AGUA EN LA SEGUNDA INDUSTRIALIZACIÓN

Las soluciones eran difíciles de encontrar por la dificultad de retrotraer inversiones masivas, y por los inconvenientes que suponía encontrar agua —en caudales suficientes— en las cercanías de las ciudades. Cuando no se producía una mejora efectiva del abastecimiento por alguno de los problemas enunciados, las constantes sequías agudizaban el problema de la fuerte demanda de agua. Con todo, la aplicación de nuevas tecnologías para la construcción de obras hidráulicas y una mayor capacidad inversora fueron las alternativas que se produjeron especialmente en la segunda mitad del siglo XIX.

Durante la Segunda Industrialización el sector del abastecimiento de agua, emprendió proyectos totalmente nuevos, cuestionando los sistemas más antiguos. La mejora desde la perspectiva técnica —mayor desarrollo tecnológico—, permitió conseguir nuevos objetivos, entre ellos el de realizar el suministro domiciliario de agua potable y la construcción de sistemas de desagüe. En la medida que fueron avanzando los conocimientos sobre la necesidad de realizar un mejor tratamiento del agua para su completa depuración, se aplicaron los distintos métodos.

De todas formas, estos avances fueron esencialmente urbanos. Las medidas de tratamiento del agua o la mejora de los equipamientos hidráulicos tardaron en incorporarse a los núcleos rurales. Este hecho tiene su explicación. Las ciudades eran las que más sufrían una fuerte demanda de agua en las etapas finales del siglo XIX y principios del XX. De idéntica forma la industria, para cubrir sus necesidades, exigía unos niveles de abastecimiento superiores a los de las zonas rurales. Paralelamente, los nuevos hábitos sanitarios, que empezaron a ser más evidentes en las ciudades, supusieron un incremento de la demanda. Por otro lado, la importancia de deshacerse de los desperdicios humanos era más evidente en los núcleos urbanos, y el agua se consideraba —todavía—, el elemento natural por excelencia para evacuar esos residuos.

Durante el siglo XIX, los municipios y las empresas privadas, destinaron importantes sumas a los proyectos de abastecimiento de agua a las poblaciones. En primer lugar se produjo la realización de canales y presas de abastecimiento; más tarde vinieron las conducciones; y, en último lugar el suministro domiciliario. Todas estas acciones supusieron grandes inversiones que suponían una parte importante de los presupuestos municipales, o exigían grandes aventuras inversoras en las compañías privadas.

En Francia, las inversiones a principios del siglo XIX comenzaron a ser importantes. El Canal de Ourcq, proyecto comenzado en 1802 con vistas al abastecimiento de París, le costó al municipio la cantidad de 85 millones de francos; y, en 1851 la construcción del Canal de Durance llegó a los 36 millones. El municipio de Lyon pidió un préstamo de 7 millones de francos para realizar un proyecto de abastecimiento de agua concebido unos pocos años antes, y Burdeos con la misma finalidad, hacia 1850, tuvo que realizar un desembolso superior a los 4 millones para desviar el río Taillan.³⁸

En Gran Bretaña las inversiones del *Metropolitan Water Board*, organismo municipal, se dirigían principalmente hacia el abastecimiento de agua. Antes de la Primera Guerra Mundial las inversiones en redes de suministro de agua eran muy superiores a las existentes en la industria del gas o la electricidad. Un recorrido por las grandes y pequeñas ciudades británicas, en los últimos años del siglo XIX y primeros del XX, nos muestra que las mayores inversiones de los organismos municipales se estaban centrando en los abastecimientos de agua. Además, a comienzos de siglo muchas compañías dedicadas al abastecimiento de agua, indistintamente de si eran municipales o privadas, se podían encontrar entre las empresas punteras del país, muestra evidente de su poderío inversor. E incluso, en Inglaterra y Gales entre 1880 y 1914, los préstamos de los Ayuntamientos para financiar las obras de abastecimiento de agua superaban ampliamente los concedidos a otros servicios urbanos, como los tranvías, la electricidad o el gas.³⁹

Idéntica apreciación podemos hacer otras importantes ciudades europeas —Bruselas, Amsterdam—, que desde mediados del siglo XIX alcanzaron similares costes en la construcción de los abastecimientos de agua; y de Estados Unidos —Nueva York, Filadelfia—, donde se detectaban masivas inversiones en casi todas las ciudades importantes del país.

En España las necesidades inversoras en los abastecimientos de agua fueron igualmente considerables. La lentitud con la que se realizaban muchas de estas

³⁸ GOUBERT, J.-P. (1988), pp. 117-118.

³⁹ FALKUS, M. (1977), p. 135.

obras, y en ocasiones la dificultad para encontrar constructores que accedieran a las subastas públicas que se realizaban para otorgar esas obras, son una muestra palpable de la magnitud que alcanzaba la financiación de este sector.⁴⁰

La rápida entrada del capital privado en el abastecimiento de agua potable en la fase de la segunda industrialización, y la rápida expansión por muchas ciudades -no sólo las grandes, sino también en pequeñas y medianas-, de compañías dedicadas a este servicio es indicio de las fuertes inversiones que eran necesarias y de la incapacidad de los Ayuntamientos para realizarlas.

⁴⁰ Tenemos algunos ejemplos en las dificultades que encontraron en la segunda mitad del siglo XIX las obras para los abastecimientos de Cádiz, Madrid y Sevilla, por citar algunas importantes. Un caso contrario, es Barcelona, donde las iniciativas individuales -de pequeñas compañías o empresarios- fueron casi continuas en las últimas décadas del siglo XIX

BIBLIOGRAFIA

- ARANGO, J. (1987): «La modernización demográfica de la sociedad española», NADAL, JORDI & CARRERAS, ALBERT SUDRIÁ (comp.), *La economía española en el siglo XX. Una perspectiva histórica*, Barcelona, Ariel, pp. 201-236.
- ARMENGAUD, A. (1983): «La población europea, 1700-1914», en Carlo M. CIPOLLA, *Historia Económica de Europa*, Barcelona, Ariel.
- ARTOLA, M. (1973): *La burguesía revolucionaria (1808-1869)*, Madrid, Alianza.
- BRUCE, F. E. (1980): «Water-supply», SINGER, CH. & HOLMYARD, E. J. & HALL, A. R. & WILLIAMS, T. I. (eds.) (1980): *A History of Technology. The Late Nineteenth Century, c. 1850 to c. 1900*, Vol. V., pp. 522-568.
- CAMPO, S. DEL (1972): *Análisis de la población de España*, Barcelona.
- CAMPS CURA, E. (1987): «Industrialización y crecimiento urbano: La formación de la ciudad de Sabadell», *Revista de Historia Económica*, V, pp. 49-71.
- CERDÁ, I. (1863/1864): «Teoría sobre la edificación en las ciudades», *Revista de Obras Públicas*, pp. 291, 41 y 285.
- CHUECA GOITIA, F. (1979): *Breve historia del urbanismo*, Madrid, Alianza.
- DE VRIES, J. (1990): *La economía de Europa en un período de crisis, 1600-1750*, Madrid, Cátedra.
- DE VRIES, J. (1987): *La urbanización de Europa, 1500-1800*, Barcelona, Crítica.
- DEANE, P. (1991): *La Primera Revolución Industrial*, Barcelona, Península.
- DÍEZ NICOLÁS, J. (1990): «La población española», GINER, S., *España. Sociedad y política*, I, pp. 75-108.
- FALKUS, M. (1977): «The Development of Municipal Trading in the Nineteenth Century», *Business History*, XIX-1, pp. 134-161.
- FLINN, M. W. (1989): *El sistema demográfico europeo, 1500-1820*, Barcelona, Crítica.
- GOUBERT, J-P. (1986): *La conquête de l'eau. L'avènement de la santé à l'âge industriel*, París, R. Laffont.
- GOUBERT, J-P. (1988): «The Development of Water and Sewerage Systems in France, 1850-1950», TARR, JOEL & DUPUY, GABRIEL (eds.) (1988): *Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*, pp. 116-136.
- GUARDIA, M. & MONCLÚS, F. J. & OYÓN, J. L. (1994): *Atlas histórico de ciudades europeas*, Barcelona, Salvat.
- GUILLERME, A. (1988): «The Genesis of Water Supply, Distribution, and Sewerage Systems in France, 1800-1850», TARR, JOEL & DUPUY, GABRIEL (eds.) (1988): *Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*, pp. 91-115.
- HARTWELL, R. M. (1983): «La revolución de los servicios: el crecimiento del sector servicios en la economía moderna», en CIPOLLA, C. M., *Historia Económica de Europa*, Barcelona, Ariel, vol. III, pp. 371-409.
- HOHENBERG, P. M. & LEES, L. H. (1992): *La formation de l'Europe Urbaine, 1000-1950*, París, PUF.
- JACOBS, J. (1986): *Las ciudades y la riqueza de las naciones*, Madrid, Ariel.

- JONES, E. L. (1990): *El milagro europeo*, Madrid, Alianza.
- KENNARD, J. (1982): «Sanitary Engineering: Water Supply», SINGER, CH. & HOLMYARD, E. J. & HALL, A. R. & WILLIAMS, T. I. (eds.) (1980): *A History of Technology. The Late Nineteenth Century, c. 1850 to c. 1900*, Vol. V., pp. 489-503.
- KRANZBERG, M. & PURSELL, C. W. (eds.) (1981): *Historia de la Tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Barcelona, Gustavo Gili, 2 vols.
- LANDES, D. S. (1979): *Progreso tecnológico y Revolución Industrial*, Madrid, Tecnos.
- MILWARD, A. S. & SAUL, S. B. (1979): *El desarrollo económico de la Europa continental*, Madrid, Tecnos.
- NUÑEZ ROMERO-BALMAS, G. (1996): «Servicios urbanos colectivos en España durante la segunda industrialización: entre la empresa privada y la gestión pública», COMÍN, F. & MARTÍN ACEÑA, P., *La empresa en la historia de España*, Madrid, Civitas, pp. 399-419.
- PÉREZ MOREDA, V. (1985): «La modernización demográfica, 1800-1930. Sus limitaciones y cronología», SÁNCHEZ ALBORNOZ, N. (Comp.): *La modernización económica de España, 1830-1930*, Madrid, Alianza Universidad, pp. 25-62.
- PÉREZ MOREDA, V. (1988a): «La población española», ARTOLA, M. (dir.), *Enciclopedia de Historia de España*, 1, Madrid, Alianza Editorial, pp. 345-431.
- PÉREZ MOREDA, V. (1988b): «Hambre, mortalidad y crecimiento demográfico en las poblaciones de la Europa preindustrial», *Revista de Historia Económica*, VI, pp. 709-735.
- PÉREZ MOREDA, V. & REHER, D-S. (1986): «Mecanismos demográficos y oscilaciones a largo plazo de la población europea (1200-1850)», *Revista de Historia Económica*, IV, pp. 467-490.
- PONS, A. & SERNA, J. (1992): *La ciudad extensa. La burguesía comercial- financiera en la Valencia de mediados del XIX*, Valencia, Diputació.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, L. (1988): *De Imperio a Nación. Crecimiento y atraso económico en España (1780-1930)*, Madrid, Alianza.
- REHER, D-S. (1986): «Desarrollo urbano y evolución de la población: España 1787-1930», *Revista de Historia Económica*, IV, pp. 39-66.
- REHER, D-S. (1994): «Ciudades, procesos de urbanización y sistemas urbanos en la Península Ibérica, 1550-1991», GUARDIA, M. & MONCLÚS, F. J. & OYÓN, J. L. (1994): *Atlas histórico de ciudades europeas*, Barcelona, Salvat, pp. 1-29.
- RINGROSE, D. R. (1983): «El desarrollo urbano y la decadencia española», *Revista de Historia Económica*, I, pp. 37-57.
- RINGROSE, D. R. (1988): «Poder y beneficio. Urbanización y cambio en la Historia», *Revista de Historia Económica*, VI, pp. 375-396.
- RODRÍGUEZ OSUNA, J. (1983): «Proceso de urbanización y desarrollo económico en España», *Ciudad y Territorio*, 55, pp. 25-54.
- ROSENBERG, N. (1981): «Las consecuencias económicas del cambio tecnológico, 1830-1880», KRANZBERG, M. & PURSELL, C. W. (eds.): *Historia de la Tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Barcelona, Gustavo Gili, vol. II, pp. 574-592.

- SÁNCHEZ, A. (dir.) (1992): *Barcelona, 1888-1929. Modernidad, ambición y conflictos de una ciudad soñada*, Madrid, Alianza Editorial.
- SINGER, CH. & HOLMYARD, E. J. & HALL, A. R. & WILLIAMS, T. I. (eds.) (1980): *A History of Technology. The Late Nineteenth Century, c. 1850 to c. 1900*, Vol. V., Oxford, Clarendon Press.
- TARR, J. & DUPUY, G. (eds.) (1988): *Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*, Philadelphia, Temple University Press.
- TORTELLA, G. (1985): «Producción y productividad agraria, 1830-1930», SÁNCHEZ-ALBORNOZ, N. (comp.), *La modernización económica de España, 1830-1930*, Madrid, Alianza Universidad, pp. 63-88.
- TORTELLA, G. (1994): *El desarrollo de la España contemporánea. Historia económica de los siglos XIX y XX*, Madrid, Alianza.
- WARNER, S. B. JR. (1981). «Movimientos de población y urbanización», KRANZBERG, M. & PURSELL, C. W. (eds.): *Historia de la Tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Barcelona, Gustavo Gili, vol. II, pp. 593-608.