

LA GESTIÓN DEL AGUA EN DISTINTAS CIVILIZACIONES: DE GRECIA A LA ACTUALIDAD

THE WATER MANAGEMENT IN DIFFERENT CIVILIZATIONS: FROM GREECE TO ACTUALITY

Juan José Argudo García. Ingeniero de Recursos Energéticos. Máster Universitario en Ingeniería de Materiales y Construcción Sostenible. Ingeniero Técnico Minas.

RESUMEN

El agua es de vital importancia para el desarrollo de la vida, hasta el punto que los antiguos filósofos la consideraban como un elemento básico que representaba todas las sustancias líquidas. Los primeros asentamientos urbanos fueron sobre el año 3500 a.C. en Uruk – Babilonia (actual Irak), ya contaban con suministro de agua, y desde los griegos, como Eupalinos o Tales de Mileto, hasta los romanos, construyendo espectaculares acueductos o la Cloaca Máxima, o sus famosos baños públicos, donde se trataban los asuntos de la ciudad, pasando por los árabes y sus normas hídricas en Al-Ándalus, aterrizamos en el Renacimiento, donde después de décadas de oscuridad, Italia devolvió la Luz al mundo, aportó espectáculo, innovación y técnica, donde las nuevas ideas de las mentes más brillantes de la Historia, como Filippo Brunelleschi, que era puro ingenio, y fue un momento donde se crearon las obras artísticas y arquitectónicas, y de ingeniería más importantes, y donde la clave de dicho resurgimiento de las Ciudades-Estado italianas estaba en el Agua, como elemento fundamental del crecimiento demográfico y del aumento de la población. Viajaremos por las distintas culturas hasta el momento presente para conocer de primera mano la importancia de uno de los cuatro elementos de la antigüedad.

PALABRAS CLAVE: agua, abastecimiento, desarrollo, ingeniería, cultura.

KEY WORDS: water, supply, development, engineering, culture.



ABSTRACT

Water is the extreme importance for the advance of the life, in the moment that the old philosophes considered like a basic element that represents all liquid substances. The first human seeing were about the year 3500 aC and they have water supply and from the Greeks, like Eupalinos or Tales of Mileto, until the romans, building spectacular aqueducts or the Great Sewer, or their famous public baths, where it treats issues of the city, passing by the Arabians with their hydric rules of Al – Ándalus, we arrived in the Renaissance, where after the decades of darkness, Italy returned the Light to the world, added show, innovation and technic, where the new ideas of the more brilliant minds of the History, like Filippo Brunelleschi, that he was pure genius, and one moment where it did the artistic and architectonical buildings, and engineering more important, and the key of the this resurgence of the Italians Cities-State was in the WATER, like principal element of the demographic development and the increment of the population. We travel for the different cultures until the present moment for knowing of the first hand, the importance of the one of the four elements of the ancient times.

INTRODUCCIÓN

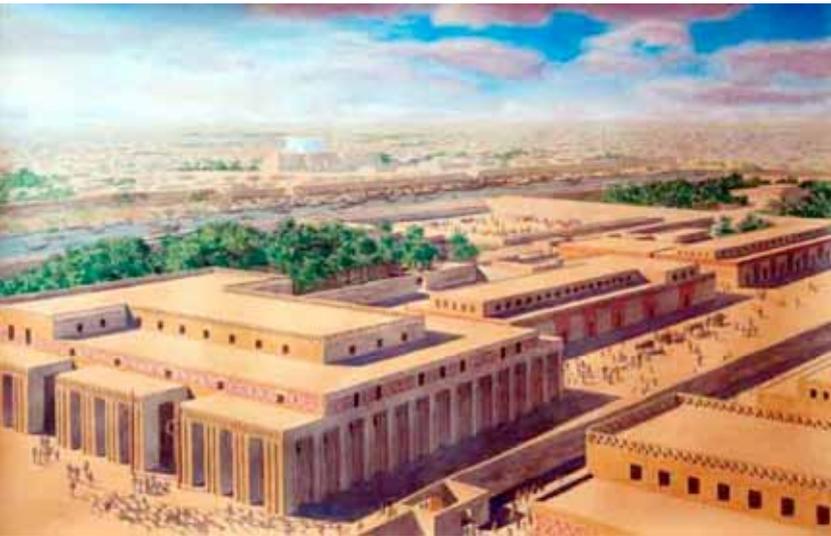
Actualmente se encuentra en proceso de difusión e implantación a nivel estatal tras su amplia experiencia adquirida en otros países donde ya lleva décadas expandiéndose.

La gestión de un bien tan esencial como el agua ha constituido un apasionante desafío desde casi el comienzo de los tiempos. Desde que comenzaron los primeros asentamientos urbanos en la ciudad de Uruk, en Babilonia (actual Irak) en el año 3500 a.C., el objetivo era cómo abastecer a dichos ciudadanos de un bien tan esencial. Como queremos poner de relieve en este artículo, se propone un apasionante viaje por distintas culturas, que han aportado su visión, su técnica, su tecnología, su conocimiento en definitiva, para mejorar la vida de sus conciudadanos y por ende, de la humanidad. En el más amplio sentido de la palabra. Y si no fijense, en la Atenas de la antigüedad o en la Roma imperial, y cómo la ingeniería minoica proporcionó bienestar a toda una región y cómo gracias a la colosal obra de ingeniería sanitaria que constituyó la Cloaca Máxima, se evitaron muchas enfermedades.

Los árabes apreciaron que el agua es el principio más importante del Universo, pues el trono de Dios está en el agua en el momento de la creación, según el Corán, pero siendo importante obtener agua, no menos era el agua que acababa en las cloacas. Y prueba de ello fue la terrible plaga de peste negra que diezmo la población europea en plena Edad Media, debido a que se comenzaron a construir depósitos para almacenar el agua, y ésta no limpiaba las alcantarillas.

No obstante, la Luz llegó con el Renacimiento y su manera de afrontar el resurgir de la sociedad, mediante la cultura, la arquitectura, las artes y la sociedad volcada en unos nuevos dirigentes surgidos de comerciantes, banqueros, etc. como los Médicis en Florencia, ciudad estado italiana donde ese renacimiento se dejó notar con más importancia, al igual que Siena, su rival histórica del sur y cómo el abastecimiento de agua a estas ciudades supuso un reto técnico y capital, para provocar el aumento de la población y por ende de la capacidad de prosperidad.

Y como desde el renacimiento, la revolución industrial surgida en el siglo XIX en Inglaterra, y más concretamente en su capital, Londres, trajo mejoras y avances sanitarios, como la



*Imagen 1. Uruk–Babilonia (actual Irak), primeros asentamientos urbanos (3500 a.C.).
Fuente: <https://www.caracteristicas.co/sumerios>*

filtración del agua, hecho que afirman muchos expertos, como el mayor avance sanitario del segundo milenio, y cómo un ingeniero victoriano provocó la erradicación del cólera al proyectar una de las mayores, si no la mayor, obra de ingeniería del siglo XIX, diseñando la renovación de la red de alcantarillado de la capital con más de 2.100 km de redes de saneamiento.

Y de la misma manera que en el siglo XIX, el saneamiento era una prioridad para los políticos valientes de la Cámara de los Comunes sentados en sus asientos verdes, en pleno siglo XXI tenemos un reto que resolver pues aún hoy existen, según la ONU, 2.100 millones de personas en el mundo sin acceso a un saneamiento. Hecho éste que provoca que grandes fundaciones filantrópicas, como la Melissa & Bill Gates Foundation, pongan su granito de arena en conseguir inodoros que no requieran ni conexión a la red de saneamiento, y ni siquiera disponer de agua corriente, como se puso de manifiesto a finales del año pasado en una exposición en China.

En definitiva, comencemos nuestro viaje por un mar que Homero consideraba “tenía un color de vino y que era mecido por las ramas de un olivo”, el árbol de Atenea, mientras que Poseidón se quedó con la abundancia del agua,

símbolo de prosperidad y calidad de vida. Iniciemos un viaje apasionante mecidos por las olas del mar y por los mejores avances de la cultura occidental, oriental, romana o persa. ¿Me acompañan?

GRECIA O EL ORIGEN DE LA INGENIERÍA

El país heleno, con el conjunto formado por el continente, las más de 2000 islas y el mar forman una relación intrincada y perdurable por el paso de los siglos, donde desde cualquier punto del continente tiene el mar a menos de 80 km de distancia. Un mar que era acunado por las ramas de olivo, el árbol de Atenea, diosa de Ática, la más importante y famosa región de La Hélade.

El agua helena

Siglos antes, los ingenieros minoicos fueron expertos en el dominio de las técnicas hidráulicas, y se conocen explotaciones de recursos de agua como regadíos de las regiones de Cnosos y Zakro, con manantiales, acueductos, cisternas y pozos, donde recolectaban el agua de la lluvia del palacio de Festos y mantenían y conservaban sus cisternas.

En cuanto a la capital, Atenas, siempre tuvo un problema, y era un régimen irregular de lluvias, y por dicho motivo, tuvo que crear sistemas de recogida de agua de lluvia en abundancia, para usarla en momentos de escasez. Para ello usaron muchas cisternas y depósitos, como la Hybla (en Sicilia), que tenía 1300 m de perímetro y 9 de profundidad, que conducía el agua de lluvia hasta el mar. Tenía un triple uso: como piscina, estanque de peces y depósito de agua para el riego o la cisterna subterránea del Teatro de Delos (del siglo II a.C.)

Por ello, la legislación ateniense en el uso de los recursos hídricos era muy estricta, y la primera regulación fue debida a Solón, elegido arconte en el 594 a.C., una especie de magistrado con funciones de gobierno de las ciudades antiguas, fundamentalmente Atenas. Estas leyes de Solón fueron relatadas por Plutarco, con regulaciones antipolución, para mantener limpias las aguas públicas.



La legislación ateniense en el uso de los recursos hídricos era muy estricta, y la primera regulación fue debida a Solón, elegido arconte en el 594 a.C., una especie de magistrado con funciones de gobierno de las ciudades antiguas, fundamentalmente Atenas.



*Fotografía 1. El Partenón en plena restauración.
Mayo del 2013. Fotografía del autor.*

Pero si hacemos un repaso por los primeros ingenieros, veremos qué importancia tuvo esta cultura en el resto de la sociedad, y sólo citaremos algunos de los más importantes.

- **Crates**, que fue nombrado por Estrabón, el geógrafo e historiador conocido por su obra “Geografía”, en el siglo IV a.C., realizó el desagüe del lago Copais, en Locris, cuando el agua embalsada en éste amenazaba con procurar una inundación de la localidad de Copae, mediante una galería subterránea de 6 kilómetros de longitud.
- **Eupalinos**, ingeniero que trabajó en el siglo VI a.C. para el tirano Policrates de Samos, hizo un túnel de 1,75 m de ancho y 1,75 m de alto durante unos 1000 metros de longitud, para el abastecimiento de la isla de Samos, a través del monte Ambeilos, con modernas técnicas de topografía. Primera obra bien documentada, que Paul Valéry, escritor, ensayista y filósofo francés mostró a Eupalinos como la personificación del ingeniero griego en su diálogo socrático Eupalinos ou l’architecte.
- **Tales de Mileto**, fundador de la filosofía griega, considerado “uno de los siete sabios de Grecia” tenía un lema que decía “en la confianza está el peligro”. Aportó la teoría del ARJÉ, donde el principio original de todas las cosas era el AGUA, más los trabajos de ingeniería. Antes de Tales de Mileto, todas las explicaciones del universo eran mitológicas (como hemos comentado anteriormente, uno de los orígenes del agua). Después de Tales de Mileto, que fue famoso por sus conocimientos de astronomía al predecir el eclipse de Sol del 28 de mayo del año 585 a.C., la geometría era quién dirigiría los diseños, que fue introducida por él en Grecia.
- **Herón de Alejandría**, matemático, ingeniero e inventor griego del siglo I a.C. que trabajó como zapatero y luego diseñó mecanismos hidráulicos, máquinas simples, automatizaciones, fue conocido por su famosa fuente o por sus puertas hidráulicas de apertura automática. Su invento decisivo fue la AEOLIPILA, precursor de la máquina de vapor, sin avance alguno o

mejora hasta la Máquina de Papin, en el año 1681. Fue el director de la Escuela de Alejandría, quizás la primera Universidad Politécnica del mundo.

- Y para finalizar, **Arquímedes de Siracusa**, matemático, astrónomo, filósofo, físico e ingeniero que murió a manos de un soldado romano cuando al tomar Marcelo la ciudad, el sabio estaba sumido en sus reflexiones. Repasemos brevemente su C.V.:
 - Conoció a Eratóstenes y Dositeo, sucesores de Euclides.
 - Hizo descubrimientos sobre geometría, catóptica, hidráulica, mecánica, construcción y máquinas de asedio.
 - Inventor de poleas y de un cañón que lanzaba proyectiles impulsados por el agua.
 - Su famoso Tornillo de Arquímedes.
 - Su aún más famoso Principio de Arquímedes.

ROMA, EL URBANISMO Y EL AGUA

Los romanos mejoraron los inventos y perfeccionaron los sistemas de gestión y uso del agua desde el primer momento. De hecho, los romanos fueron la primera civilización “urbana” que se preocupó de la calidad de vida del ciudadano. Por ello, la urbis romana fue un modelo de eficiencia. ¿Por qué? O mejor dicho... ¿Cómo?

Porque el Estado invertía en infraestructuras, que dotaban a la ciudad romana de ciertos beneficios, y avances que ahora parece que son muy normales: el agua llegaba en abundancia por los acueductos, a los que luego nos referiremos, las calles se empedraban y tenían aceras, había pasos de peatones, en cuanto a la higiene, había sistema de alcantarillado y baños públicos, termas y abastecimiento de productos a los mercados.



Fotografía 2. Imagen del Teatro de Dioniso, el mayor teatro de la antigua Grecia, que data del siglo VI a.C., y en homenaje al dios Dionisos, dios de las viñas y del teatro, en la vertiente sur de la Acrópolis de Atenas.

© Fotografía del autor.

El agua romana

Pero para que este entorno urbano sea digno para vivir, existía un elemento fundamental que era totalmente necesario: el agua. Y esta se conseguía a través de los acueductos y mediante la acumulación en grandes cisternas. En los siglos I-II d.C. los acueductos se extendieron por todo el imperio, construyendo depósitos y albercas por todo el trayecto. El acueductus (conducto de agua) fue una de las construcciones más importantes para los núcleos urbanos y rurales.

Tanto condicionaba el agua, que antes de construir la ciudad, debía de estar garantizado el abastecimiento de agua, y éste condicionaba la posición exacta de la ciudad. Así Plinio el Viejo indicaba en su Historia Natural, XXXI, 4, que “Es el agua la que hace la ciudad”.

Aún otro dato más era que el abastecimiento de agua de boca y en condiciones de salubridad, era una cuestión política. Se planificaban las obras hídricas antes que otras obras públi-



cas necesarias también para la ciudad. Por lo que Vitrubio, manifestó en Los diez libros de arquitectura, “Tenemos la necesidad de encontrar agua en cantidad y calidad suficientes para facilitar el desarrollo de la ciudad, conducirla y distribuirla” (libro VIII).

Las primeras necesidades a abastecer fueron las termas y las fuentes, y luego casas privadas que pagaban por disponer de agua corriente. Ejemplos los encontramos en Pompeii y en Caesarea, donde disponían de suministro hídrico de forma continuada, y se construyeron bajo las casas, cisternas públicas y privadas excavadas en la roca. El suministro a los puntos de la ciudad donde se usaba el agua, era el objetivo al construir la red de abastecimiento, como: termas, ninfeos, fuentes, pozos y juegos de agua. Desde el castellum aquae terminal (depósito) y por gravedad se distribuía el líquido elemento hasta los distintos usos.

Acueductos

Si nos detenemos en los acueductos hispanos, antes de regresar a la Roma imperial, sabemos que los acueductos de Segovia, Mérida y Tarragona abastecían a estas ciudades desde manantiales que se encontraban a más de 50 kilómetros de distancia. En concreto el acueducto de los Milagros, en Emerita Augusta (del siglo I d.C.), capital de Lusitania, tenía su “caput aquae” (captación de agua) en el Embalse de Proserpina, con una longitud de más de 15 kilómetros.

Si regresamos al país transalpino, el emperador Claudio mandó construir el Aqua claudia, el mayor acueducto de Roma (a mediados del siglo I d.C.) que llevaba el agua a los 14 distritos romanos, aunque el más antiguo data del año 312 a.C., denominado Aqua appia, mandado construir por el emperador Appio Claudio Cieco de 1,6 kilómetros de distancia desde el punto de toma. Otros de fecha similar son el Aqua anio vetus, el Aqua marcia o el Aqua tepula, del siglo III a.C.

El impulso definitivo lo estableció el emperador Augusto y su yerno, Marco Agripa, el cual construyó el aqua virgo, como según dice una leyenda, porque una doncella le indicó al militar



*Fotografía 3. Fontana di Trevi. Roma. Mayo del 2014.
Fotografía del autor.*



*FImagen 1. Restos de los acueductos Aqua Claudia y Aqua Anio Novus, integrados como restos de la muralla Aureliana en el año 271 d.C.
Fuente: www.antareshistoria.com*

donde se encontraba el agua más pura. Actualmente abastece a algunas fuentes ornamentales más bellas de Roma, entre ellas, la Fon-

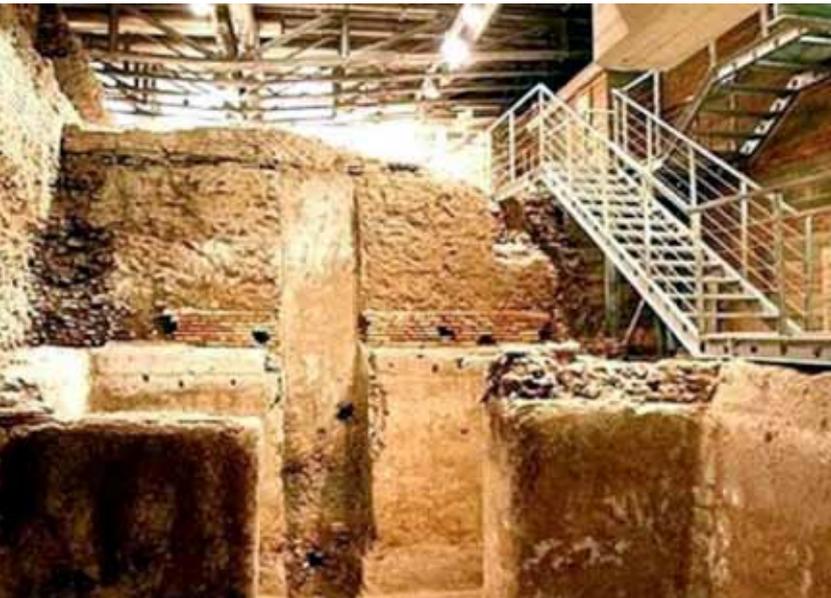


Imagen 2. El acueducto Aqua Virgo debajo de la Fontana de Trevi.

Fuente: www.antareshistoria.com

tana de Trevi. En la construcción empleó sus propios recursos mineros que gestionaba para realizar las tuberías de plomo. Desde Augusto, los emperadores eran donantes y mecenas en la financiación de infraestructuras hidráulicas, entre otras.

Otros acueductos son el debido al emperador Trajano, de unos 60 kilómetros de distancia (Aqua Traiana) o el último acueducto denominado, aqua alejandrina, de 22 kilómetros en el año 226 d.C. y debido a Alejandro Severo.

La construcción de los acueductos era una labor muy costosa y era una obligación de las ciudades del imperio romano. Suponen el primer ejemplo de financiación o Participación Público-Privada (PPP) de la historia hace más de 2.000 años, en la gestión de un recurso básico para la población. Era una tarea de los gobiernos municipales y los ejecutaban los magistrados con dinero público y privado.

Cloacas romanas

Antes de introducirnos en la Edad Media, nos detendremos en este capítulo, no menos interesante, de la ingeniería romana. Y es que como hemos comentado, los romanos se preocuparon, de hecho fueron los primeros, por la ca-

lidad de vida de sus ciudadanos, y de la higiene (de ahí la existencia de baños públicos con agua fría y caliente, en muchos de ellos), por lo que consideraron esencial hacer una gestión de las aguas utilizadas o residuales en sus urbes. Y para ello, debían evacuar las aguas negras mediante una compleja red de cloacas (generalmente instaladas bajo las calzadas romanas) bajo el tejido urbano, considerada como una de las grandes obras de Ingeniería civil urbanas. En el libro "SPQR, una historia de la roma antigua", Mary Beard, catedrática en la Universidad de Cambridge, nos indica que los escritores posteriores alabaron los logros romanos en la construcción de un desagüe tan importante como la Cloaca Máxima o Gran Cloaca, sin que se conozca lo que se conserva de esta famosa estructura del siglo VI a.C., aunque las secciones que se pueden explorar, nos indican que hay indicios que los primeros intentos de construir el sistema de drenaje sean anteriores, concretamente al siglo VII a.C.

A pesar de todo ello, fue tanto el beneficio para la población finalmente construida, que Plinio el Viejo, no dudó en considerarla en el primer lugar de las Maravillas de Roma, al ser nombrada, la primera obra pública, por lo que la construcción de cloacas se exportó a todas las ciudades del imperio romano de tamaño medio/grande.

Volviendo a los acueductos, para finalizar este apartado, hay que decir que las grandes arquerías y de costes gigantescos, como Segovia, Tarragona o Pont du Gard (en Nîmes, Francia) no resistirían un estudio económico de construcción y mantenimiento, comparado con las soluciones mediante tuberías.

AL-ÁNDALUS Y EL AGUA ISLÁMICA

Según el artículo de Cherif Abderrahman Jah, sobre el agua en el Al – Ándalus, nos relata que Ibn Jaldun, famoso sociólogo tunecino de origen andaluz del siglo XIV, en su obra Al-Muqqadimah, para que la vida de en una ciudad sea grata, hay que atender, al fundarla, a varias condiciones, siendo la primera: La existencia en su solar de un río o fuente de agua pura y abundante, pues el agua es cosa de capital importancia, "un don de Allah".





Imagen 3. Cloaca Máxima de Roma. Fuente: Soprintendenza Archeologica del Comune di Roma.

Y es que cuando cae el imperio romano, y llegan los árabes a la península ibérica, deben de fundar nuevas ciudades, debido al deterioro y a la destrucción de las grandes ciudades romanas como: Córdoba, Sevilla, Mérida, Zaragoza, Toledo y muchas otras, por lo que podemos encontrar restos de la cultura romana, árabe, judía y cristiana conviviendo con toda naturalidad, en nuestra excelsa y variada cultura y geografía hispana. La ciudad hispanomusulmana contaba con: casas, palacios, fuentes públicas, Hammams o baños, depósitos y canalizaciones urbanas.

El agua en el islam

La gestión y distribución del agua en Al-Ándalus no era ajena a las normas islámicas debido a su pertenencia al conjunto de DAR al-ISLAM, por lo que las normas le afectaban a la manera de organizar el bien más preciado de la naturaleza para los musulmanes. Ya en el Corán se indica que es el principio más importante del universo, puesto que el trono de Dios está en el agua en el momento de la creación: “Él es quien ha creado los cielos y la tierra en 6 días, teniendo su trono en el agua” [Corán, XI, 7] y continúa el libro Sagrado de los islámicos,

“¿Es que no han visto los infieles que los cielos y la tierra formaban un todo homogéneo y los separamos? ¿Y sacamos del agua a todo ser viviente? ¿Y no creerán?” [Corán, XXI, 30]

Normas hídricas

Las normas que regían el mundo musulmán indican que la propiedad y gestión del agua siguen un criterio islámico, además de costumbres y normas locales. Es en los siglos VIII y IX cuando aparece el derecho codificado en sus líneas principales y en las diferentes escuelas coránicas, aunque en Al – Ándalus y en el resto del Occidente islámico, el rito mālikí es el principalmente aplicado en la interpretación de la Ley.

Los aspectos más importantes eran: el caudal y quién hacía el trabajo para la captación y/o conducción del agua. Así se dividían los usos y usuarios, en función del tipo de captación:

- Grandes ríos ➔ todos
- Pequeños ríos ➔ existían limitaciones
- Ríos sin presa ➔ prioridad de los ribereños y terceros (sin procurar perjuicios)

- Ríos con presa ➔ tiene derecho el asentamiento más antiguo, y si son coetáneos, riega primero el más cercano al nacimiento del río.

En cuanto a los sistemas hidráulicos, hay que decir que las obras de captación, qanat/s, pozos, minas, fuentes, puede haber propiedad particular, limitada por el derecho de ŠAFA, es decir, el derecho de dar de beber a los hombres y animales que lo necesiten, mientras que el sobrante iba para los regantes, y hay que apuntar, que no hay acuerdo entre las escuelas coránicas si en ese caso era aceptada la VENTA.

Y es que existen dos preceptos fundamentales que guían los derechos al agua en la Shari`ah, según el sistema de derecho islámico, que son:

- Shafa ➔ derecho al sediento. Derecho universal del ser humano a saciar su sed y la de sus animales
- Shirb ➔ Derecho al riego. Derecho para regar sus cosechas

“Nadie puede negar el agua que sobra sin pecar contra Allah y contra el hombre”.

Sistemas hidráulicos urbanos

La crisis del mundo romano supuso una vuelta al mundo rural y abandono de la ciudad, de gran alcance en el occidente altomedieval. Por este motivo los árabes reactivaron la vida urbana y fundaron ciudades nuevas, y debido a que los antiguos sistemas de abastecimiento fueron destruidos, tuvieron que crear nuevos sistemas de abastecimiento.

El agua era distribuida a los aljibes públicos, mezquitas, baños, y actividades económicas como las alfarerías, tenerías,...y algunas casas andalusíes disponían de abastecimiento de agua y evacuación de aguas negras. Las aguas de lluvia discurrían por la calle y se recogían en aljibes, las aguas residuales no iban por la calle y menos aún las fecales. Las aguas residuales se evacuaban desde el patio de las viviendas andalusíes por canalizaciones subterráneas o superficiales, y las aguas fecales iban a las “le-

Los primeros almacenamientos como tales, en forma de depósitos de acumulación de agua, para cuando se necesitara su uso, se dieron en la Edad Media, y dicho depósito de agua evitó la limpieza regular del sistema de alcantarillado.

trinas”, con una conducción independiente. Al final las residuales y las fecales iban a pozos negros existentes en el borde de la calle, aunque en las ciudades más avanzadas, existía un sistema de canales subterráneos, que conducía el agua sucia al exterior del núcleo urbano.

Tecnología islámica

Las tecnologías viajaron desde Oriente a Occidente, y los elementos provenían de China, India y Persia, cristalizando en Oriente Medio. Para el historiador Joseph Needham, el proceso fue lento y evolutivo, mientras que para el arabista Juan Vernet, fue un proceso rápido y en un momento crucial en el Imperio Islámico del siglo X. Por ejemplo, de los romanos heredan sus conocimientos de sus contactos del ámbito griego, la Escuela de Alejandría y el Próximo Oriente.

EDAD MEDIA, AGUA Y MUERTE

Los primeros almacenamientos como tales, en forma de depósitos de acumulación de agua, para cuando se necesitara su uso, se dieron en la Edad Media, y dicho depósito de agua evitó la





*Imagen 4. La Basílica–Cisterna.
Fuente: www.laguiadeviaje.com*

limpieza regular del sistema de alcantarillado. Por lo tanto, condujo a la primera gran epidemia de peste bubónica.

Un ejemplo muy curioso lo encontramos en Constantinopla, la actual Estambul, con la cisterna de Yerabatan. Construida con los escombros de los formidables templos paganos condenados por el cristianismo. Hoy en día, se la conoce como Basílica – Cisterna, Cisterna de la Medusa o Palacio Sumergido. Se construyó en la época de Justiniano I, que fue emperador bizantino. Era la mayor de las 60 cisternas de Bizancio/Constantinopla/Estambul, en el año 532 d.C. Tiene una capacidad entre 80.000 y 100.000 m³, mediante un bosque de 336 columnas de mármol de 9m de altura, dispuestas en 12 filas de 28 columnas, separadas entre sí unos 4,8 m. Esta cisterna fue construida con un nivel científico-técnico decadente, como el resto de la ciencia y estilo de vida de la Roma Aeterna. La

gran epidemia de Peste Negra en Constantinopla fue contemporánea a la construcción y uso de estos depósitos. Podríamos decir que fue el nacimiento de la miseria técnica medieval, es decir, el momento en que la ingeniería romana murió, para no ser superada hasta la actualidad. El problema fue que al almacenar el agua, que no era habitual en la Edad Media, se dejó al enorme sistema de alcantarillado de Estambul en una pésima condición sanitaria, y fue un nido de ratas y excelente caldo de cultivo para la propagación de la bacteria *Yersinia pestis*. Las ratas y sus pulgas infectaron a los seres humanos con la terrible enfermedad que diezmo a la población europea durante siglos.

RENACIMIENTO, AGUA Y VIDA

Después de décadas de oscuridad, Italia devolvió la Luz al mundo, un mundo que emergió de la peste negra, y que aportó espectá-



Imagen 5. Columna de la Medusa en la Basilica Cisterna de Estambul. Fuente: www.trt.net.tr

culo, innovación y técnica, con el aporte de nuevas ideas de las mentes más brillantes de la Historia. Obras artísticas, arquitectónicas y de ingeniería más importantes nacieron en un momento irrepetible de la historia, denominado Renacimiento.

Cuando cae el imperio romano en el año 476 d.C., desaparece la dominación de los emperadores, y Europa es dominada durante siglos por reyes alemanes del nombrado Sacro Imperio Romano Germánico. Así en el siglo XII, las repúblicas italianas tratan de recuperar su gloria mediante la revitalización de Europa, y dibujarán los planos del mundo occidental moderno. Así nos lo cuenta Peter Weller, en el documental "La era de los arquitectos. Constructores de un imperio", con un Máster en la Universidad de Siracusa en Arte del Renacimiento Italiano, tan abrumador como bello, en la época de más impacto del segundo Milenio, a través de los inventos, con Leonardo da Vinci, Galileo, Gutenberg y su imprenta, Copérnico, ...donde vivimos en una época de culto a la personalidad

donde el artesano es el artista desconocido y el constructor sin nombre se convierte en el arquitecto.

Del siglo XII al siglo XVI surgen en las ciudades estado italianas unos nuevos líderes como son los Mercaderes, que no son nobles y no pertenecen a la aristocracia, pero su poder económico los hace ser imprescindibles en el nuevo resurgir italiano. Entre ellos los Médicis en Florencia, que pasan de dirigir bancos o negocios a gobernar ciudades, alcanzar el poder y adquirir arte y arquitectura. En estos siglos la ciudad es la base del Renacimiento y entre ellas, encontramos a Siena, donde acudió mucha gente, y tal y como pasaba en Roma, Pompeya, Cartago, los persas o los mayas, la clave estaba en el agua.

El abastecimiento a Siena, fue realizado mediante una red de acueductos desde fuera de la ciudad, denominados "bottini", que disponían de pozos de registro para el mantenimiento y conservación y de ventilación y para la entrada de luz al interior.



A pesar de ello, la ingeniería hidráulica no evitó una de las mayores catástrofes del mundo en 1347, la peste negra, que ya hemos comentado. Así Giovanni Bocaccio, escribió que “podías comer con tus amigos y cenar con tus ancestros en el cielo”, debido a que fue testigo presencial de la peste. Siena perdió el 60% de su población en unos meses, y ya no recuperaría la posición que tuvo en la Italia moderna. Siena perdió su lugar por la peste, y ahí devino el surgimiento de Florencia.

En la Italia renacentista del siglo XV comienza una nueva actitud humanista del conocimiento científico de los molinos y su mejora para prestar servicio a los hombres. Los primeros son los ingenieros militares instruidos como Taccola, Francesco di Giorgio Martini y el propio Leonardo da Vinci se interesan por los molinos y los describen y los dibujan, así como realizan innovaciones. Jerónimo Cardano (1501-1576) en su obra *De rerum varietate* indica que en su época los molinos de viento eran conocidos en el norte de Italia, el Milanesado y otras regiones italianas. Aunque un conocimiento más profundo sobre los molinos lo encontramos en el español Jerónimo Grava, matemático de Carlos V, ingeniero hidráulico escribió un tratado “Declaración del uso y fábrica de instrumentos de agua, molinos y otras cosas”, un humanista español que se ocupó de los molinos.

Otro ingeniero español nacido en Monzón (Huesca) que se dedicó a estudiar y diseñar artefactos hidráulicos fue Pedro Juan de Lastanosa, que escribió la obra “Veintiún libros de los Ingenios y las Máquinas” publicado sobre el 1589, atribuido erróneamente mucho tiempo a Juanelo Turriano. Lastanosa también se estudió cómo resolver el problema del abastecimiento de aguas a la ciudad de Nápoles, que recogió en un documento titulado “Discurso de las Aguas del Selino”. Fue inspector del Canal Imperial de Aragón, en el momento en que los maestros constructores del agua gozaron de la mayor consideración social en las coronas de Aragón y Castilla. Dijo que “el agua es uno de los cuatro elementos que Dios ha creado para beneficio de los hombres y sin éste no se puede sustentar nada” e insiste en las capacidades



Fotografía 4. Palazzo Vecchio. Florencia. Mayo del 2014. Fotografía del autor.

energéticas del agua como “combustible” que mueve las industrias harineras tan básicas para las ciudades. Y con las aguas perdidas serían un singular aparejo para el ejercicio de hacer paños, cueros y tinturas, que no pocas riquezas acarrear a las ciudades.

Y para finalizar solo hacer mención a que el Renacimiento también supo encuadrar el agua en programas estéticos públicos y privados. En las plazas se situaban las fuentes como centro rector. Como ejemplo podemos citar la Fuente en Sesa de los Tres Caños, la del Vivero en Barbastro o el Pilar de Carlos V en la Alhambra de



Imagen 6. Fuente de Santa María en Baeza. 1564. Ginés Martínez. Fuente: www.baezaturismo.com

Granada. La Fuente de Santa María en Baeza sirve para ilustrar el efecto perseguido por Ginés Martínez en 1564, al situarla en la plaza del mismo nombre entre el seminario y la Catedral.

REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, ENFERMEDAD Y MEDICINA

La revolución industrial ocupa casi una centuria desde mediados del siglo XVIII a mediados del siglo XIX, y es en Inglaterra donde surge, y más concretamente en la ciudad de Londres. Justo en el final de dicho período de transforma-



Mapa 1. Mapa de ubicación del problema de saneamiento de Londres en el siglo XIX. Fuente: www.crossness.org

ción económica, social y tecnológica, hemos de decir que en 1858, los londinenses vivían en una ciudad denominada por muchos como “asquerosa”. ¿Por qué?

Por el olor tan penetrante y nauseabundo que provenía del río Támesis. Un olor que fue denominado como “great stink” (el gran hedor), que llegó a paralizar las sesiones del Parlamento de Westminster, agravado por el verano tan caluroso de 1858.

En el siglo XIX, Londres era la ciudad más grande del mundo y a su vez, capital del imperio británico. En 1800 vivían un millón de almas y en unos 100 años, en 1900, llegó a alojar a unos 6,7 millones de personas. Fue la capital mundial de la política, de las finanzas y del comercio, sin apenas rivales, pues París o Nueva York comenzaron su dominio a finales del siglo XIX. Se convirtió en una ciudad de riqueza y en una ciudad de pobreza, pues miles de personas se hacinaban y unían de forma insalubre, de tal manera que el mismísimo Charles Dickens la inmortalizó en su obra magnífica “Oliver Twist”. En 1855 se crea la Junta Metropolitana de Obras Públicas, para proporcionar una infraestructura adecuada para hacer frente a su crecimiento. La primera tarea: hacer frente a los problemas de saneamiento.



Apoyado por su colega, Isambard Kingdom Brunel, uno de los ingenieros más influyentes del siglo XIX, Joseph Bazalgette es nombrado Ingeniero Principal de la Junta Metropolitana de Obras Públicas de Londres en 1856. Y así, el Parlamento británico dio permiso para el colosal proyecto de renovación del sistema de alcantarillado de Londres, previsto por Bazalgette.

¿Cuál fue su solución?

Construir 83 millas (134 kilómetros) de alcantarillas principales subterráneas de ladrillo para interceptar las salidas de las aguas residuales y otras 1100 millas (1800 kilómetros) de alcantarillado de la calle principal para interceptar las aguas residuales crudas que fluían libremente por las calles y carreteras de Londres, hecho éste que provocó que las muertes se redujeran y las epidemias de cólera aminoraran.

El hecho trascendente hasta nuestros días, fue la visión del ingeniero Joseph Bazalgette, en el momento del diseño del proyecto, inaugurado por el Príncipe de Gales en 1865, aunque el proyecto no fuera completado hasta 1875, debido a que consideró el diámetro de las alcantarillas, estudió el momento donde la población era más densa y a cada persona le dio una concesión generosa de generación de aguas residuales por lo que las condiciones eran las más desfavorables, y duplicó el diámetro de servicio. Si no lo hubiera realizado así, el sistema habría colapsado en 1960, y en cambio, hoy día se sigue usando, 154 años después de su inauguración. Por ello Bazalgette fue nombrado Sir en 1875 por la Reina Victoria y elegido presidente de la Institución de Ingenieros Civiles en 1883. Hoy en día una placa luce en su honor en el 17 Hamilton Terrace St. John Woods y hay un monumento formal sobre la orilla del terraplén Victoria en el centro de Londres, que conmemora la genialidad de este apasionado de la construcción de puentes, como el Battersea y el Albert en Londres.

TIEMPO ACTUAL. SANEAMIENTO COMO PRIORIDAD

La cumbre de las Naciones Unidas celebrada en Nueva York del 25 al 27 de septiembre



Imagen 7. Interior de la Estación de Bombeo de Aguas Residuales de Crossness, diseñada por Joseph Bazalgette. Fuente: www.crossness.org



Imagen 8. Exterior de la Estación de Bombeo de Aguas Residuales de Crossness, edificio que está incluido en el la Lista Grado 1 de Edificios más espectaculares, por ser uno de los mejores edificios victorianos de hierro fundido en el mundo. Fuente: www.crossness.org

del año 2015, sobre Desarrollo Sostenible, nos dejó algunas conclusiones interesantes, como por ejemplo la Agenda de Desarrollo Sostenible, donde se aprobaron los 17 Objeti-

vos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre 193 líderes mundiales, con 3 metas muy definidas para el período 2015 – 2030, como eran y siguen siendo:

- Fin de la pobreza extrema
- Lucha contra la desigualdad e injusticia
- Combatir el cambio climático.

En un mundo donde, según el informe de Un water del año 2015, es urgente y prioritario realizar inversiones en infraestructuras hídricas para un crecimiento económico de aquellos países que lo necesitan para su desarrollo, con una eficiencia hídrica y sostenibilidad, que garantice los beneficios del desarrollo económico y social.

Asimismo en su apartado sobre agua, saneamiento e higiene, WHO y UNICEF los datos nos ponen en una encrucijada social, medioambiental y sanitaria, pues establecen que a día de hoy 748 millones de personas en el mundo no tienen una buena fuente de agua potable para suministro, que 2400 millones viven sin instalaciones adecuadas de saneamiento, que en pleno siglo XXI, 1000 millones de personas hacen sus necesidades al aire libre y que 1800 millones usan una fuente de agua contaminada con bacterias.

¿A qué esperamos para actuar?

Pues si hay alguien que no para de moverse y de buscar soluciones donde no las haya, es Bill Gates, ex presidente de Microsoft, y uno de las personas con más poder económico del mundo, además de uno de los primeros influencers a nivel mundial. Así, la Melinda & Bill Gates Foundation participó el año pasado, concretamente el día 8 de noviembre, en la exposición “REINVENTAR EL INODORO”, que se celebró en Pekín. Según Reuters Pekín, Bill Gates se presentó con un tarro de heces, para presentar su propuesta, un proyecto en estudio durante años, de un WATER CLOSED (W.C.) sin necesidad de agua y sin estar conectado al sistema de alcantarillado municipal, con



Imagen 9. Imagen del inodoro en estudio de la Fundación Melinda & Bill Gates. Fuente: Cinco Días.

una dotación económica de 200 millones de \$, para investigación, tecnología de inodoros, durante los últimos 7 años.

Con motivo de lo promovido por la OMS acerca de la falta de acceso a sanitarios, según los datos aportados en el apartado anterior, con el consiguiente riesgo para la salud de miles de millones de personas en el mundo, el proyecto de la fundación establece que los desechos humanos se conviertan en fertilizante, con la correspondiente adición de productos químicos. Comenzando por los edificios públicos y educativos, la idea es que se extendiera el uso a todos los hogares, porque una inversión de tal calibre, puede evitar que se sigan vertiendo las aguas residuales al medio ambiente, porque como dijo Gates, la tecnología presentada son los avances más significativos en saneamiento de los últimos 200 años.



CONCLUSIONES

En nuestro artículo hemos podido comprobar cómo aunque pasen los siglos, las preocupaciones de gente distinta y de distintas culturas y creencias, son las mismas: cómo conseguir agua limpia y de calidad, cómo mejorar la evacuación de las aguas una vez que han sido usadas, cómo evitar la enfermedad aunque queramos almacenar el agua, cómo gestionamos el acceso a los recursos y cómo afrontamos los retos que en cada momento se van presentando, pues hay que tener la osadía del tirano Dionisio, para construir la Cloaca Máxima a pesar de los suicidios, una obra que marcó el final del período monárquico o la reacción del emperador Vespasiano, contrario a la difusión de la energía hidráulica porque habría producido desempleo, como nos cuenta Paul Johnson. O bien en la zona más oriental de Sierra Morena, donde el distrito minero de Linares – La Carolina tuvo en jaque a los mineros, que han mantenido duros combates para dominar el agua de las minas hasta la aparición de las bombas de balancín accionadas por vapor y luego más tarde, las eléctricas, porque incluso en el siglo XIX, en dicho distrito minero el problema del desagüe era sin ninguna duda, el más grave de la explotación minera, una tierra minera donde Linares llegó a ser la primera potencia mundial en la producción de plomo en el año 1892.

O el desafío más importante para la humanidad, dotar de sistemas de alcantarillado novedosos y económicos, que puedan extenderse a miles de personas para evitar las enfermedades y conseguir una mejora sustancial de la calidad de vida de las personas, y en ello, el agradecimiento a fundaciones, empresas, ONG, investigadores, ingenieros, etc. ha de destilarse con el filtro del generoso reconocimiento, por su esfuerzo, su dedicación y su valentía para afrontar los problemas en pleno siglo XXI, análogos a los que se producían en la Roma Imperial, a las enfermedades de la Edad Media, o la peste renacentista. Un canto al humanismo aportando cada parte del puzle su excelencia para el bien de la sociedad. ■

BIBLIOGRAFÍA

- METCALF & EDDY, INC. Tchobanoglous, G. (1985). Ingeniería Sanitaria. Redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales. Editorial Labor, S.A. 440 pp.
- <https://www.caracteristicas.co/sumerios/>
- López García, R. (2006). Molinos hidráulicos. Apuntes de historia y tecnología. Editorial Alcalá. 237 pp.
- Beard, M. (2015). SPQR. Una historia de la Antigua Roma. Ed. Crítica. 647 pp.
- www.antareshistoria.com
- Soprintendenza Archeologica del Comune di Roma
- Johnson, P. (2000). El Renacimiento. Ed. Best Seller. 267 pp.
- Weller, P (2011). La era de los arquitectos. Constructores de un imperio. Ed. Historia National Geographic. Documental. DVD.
- www.baezaturismo.com
- Trillo San José, C. (2006). El Agua en Al-Ándalus: Teoría y Aplicación según la cultura islámica. Revista Tecnología del Agua. 9 pp.
- Moreno Gallo, I. (2014). Abastecimientos de agua romanos. Nuevas perspectivas. Presentación en Antalya en noviembre 2014.
- Vázquez Hoys, A. M. (2006). Grecia, un universo de agua. Revista Tecnología del Agua. 11 pp.
- VV.AA. (2009). En febrero...una de romanos. SPQR. Edita Biblioteca Pública de Cuenca. Junta de Comunidades de Castilla - La Mancha.
- VV.AA. (2015). Agua para un mundo sostenible. UN WATER. Informe de Naciones Unidas sobre el Agua.
- Gutiérrez Guzmán, Francisco. (2007). Minería en Sierra Morena. Ed: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Linares, Granada, Málaga.
- <https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/11/06>
- www.murallologo.blogspot.com.es
- www.cervantesvirtual.com/obra-visor/los-molinos-y-los-cientificos-espanoles-del-renacimiento