

Medidas antiguas de agua: La paja de agua cordobesa

José Roldán Cañas

Departamento de Agronomía. Área de Ingeniería Hidráulica.

Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Edificio Leonardo da Vinci. 14071 Córdoba

jroldan@uco.es

Guadalupe Pizarro Berengena, Desiderio Vaquerizo Gil

Departamento de Historia del Arte, Arqueología y Música. Área de Arqueología.

Universidad de Córdoba. Facultad de Filosofía y Letras. 14071 Córdoba

guadapb@hotmail.com, aa1vagid@uco.es

1. Introducción

El Diccionario de la Lengua Española (DLE) nos define el término *paja de agua* como “Medida antigua de aforo, que equivalía a la decimosexta parte del real de agua, o poco más de dos centímetros cúbicos por segundo”. A su vez, concreta que un *real de agua* es una “Medida antigua de aforo, correspondiente al líquido que corría por un caño cuya boca era del diámetro de un real de plata. En Madrid se fijó el gasto en 3 pulgadas cúbicas por segundo, o en 100 cubas al día, que se considera en el canal del Lozoya equivalente a 32 hl”. Por tanto, y considerando que una pulgada castellana es igual a 2,321 cm, se deduce que una paja de agua, según el DLE, equivale a 200 l/día (8,33 l/h o 0,14 l/min o 0,0023 l/s). Complementando lo anterior, el término *aforar* en su cuarta acepción significa, según el DEL, “Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo”.

Nuestros primeros antepasados entendieron el concepto de cantidad de agua que circulaba por los ríos y canales y su relación con la altura o con la anchura que la corriente alcanzaba en los mismos, aunque no la pudieron cuantificar adecuadamente. De este modo, nos encontramos con los Nilómetros, que los egipcios situaron a lo largo del río Nilo para conocer la importancia de la inundación anual y, de ahí, la cosecha esperable, o con los partidores en las acequias capaces de separar el caudal en partes proporcionales a la anchura en que se divide la conducción. También eran conscientes que, a mayor calado o altura del agua en una acequia o en un depósito, el caudal circulante o desaguado, respectivamente, era más grande, pero, en este caso, se encontraron con una dificultad añadida: la relación entre ambas variables no es directamente proporcional como sucede con la correspondencia entre caudal y anchura.

Hay que esperar al Renacimiento para que, a partir de la observación de la naturaleza y de la experimentación, se proporcionaran las primeras ecuaciones para calcular el caudal en forma parecida a como actualmente se hace. Pero, y aunque la difusión de estos avances fue

relativamente rápida entre los ingenieros hidráulicos de la época, su aplicación práctica y su propagación geográfica necesitó a veces de varios siglos lo que habilitó el desarrollo de múltiples tipos de medidas de las corrientes líquidas cuyo único parecido era su nombre.

Por ejemplo, el caso de la paja de agua, cuya equivalencia con las unidades de medida actuales varía según la ubicación geográfica que se considere, incluso entre ciudades muy próximas, a pesar de la muy concreta definición de la Real Academia Española de la Lengua. Lo anterior, además de ser una clara consecuencia de errores conceptuales en su definición, impide que medidas con el mismo nombre sean equiparables y que el procedimiento de toma de datos pueda ser generalizable y homologable.

2.El largo camino de la ecuación de Torricelli

La primera magnitud que se relaciona en la antigüedad con el aforo es el calado del agua en las corrientes fluviales. Para medirlo se usaban unas escalas graduadas talladas en la roca que Estrabón, geógrafo griego que vivió entre el siglo I a.C. y el I d.C., denominó *Nilómetros* (Viollet, 2007). Los Nilómetros árabes más antiguos se instalaron en el 715 d.C. en la isla de Roda cerca de El Cairo (Garbrecht, 1987). Existen registros ininterrumpidos de los niveles máximo y mínimo de las aguas del Nilo en ese punto hasta 1890, es decir, durante un periodo de 1175 años.

En Grecia, la cantidad de agua que se derivaba hacia un canal se cuantificaba únicamente midiendo el área de paso del flujo. Herón de Alejandría, siglo I d.C., fue el primero que escribió en su obra *Dioptra* que para conocer el agua que suministra un manantial o fuente no es suficiente con saber la sección transversal del flujo, sino que es necesario también averiguar la velocidad de la corriente, de modo que cuanto más rápida sea la corriente, mayor cantidad de agua suministraba la fuente (Viollet, 2007).

Frontino, un político romano del siglo I d.C., fue nombrado encargado de los acueductos romanos, *curator aquarum*, y escribió un libro titulado *De aquaeductu* en el que también comentaba la importancia de la velocidad para calcular el volumen de agua que fluye (Viollet, 2007). No está claro si Herón copió a Frontino o sucedió al revés, aunque lo más probable es que ambos realizaran sus observaciones independientemente.

En el mundo árabe, la unidad de medida abstracta se denominaba *fila* (hila o hilo de agua) que representaba una parte de la cantidad total de agua en un río, fuente o acequia (Glick, 1988). La *fila* es un número que indica la proporción del caudal total que puede tomar una acequia; si nos encontramos en época de abundancia de agua dicha cifra va de acuerdo a la capacidad de la acequia; si en época de escasez de acuerdo a un número de horas equivalente y proporcionado. Los valores tradicionales de filas de agua están expresados en múltiplos de doce y, normalmente, una fila es el equivalente a una hora de agua.

También existían dispositivos para medir el agua entre los que se encuentra el agujero, o módulo partidor, practicado en una piedra que, según sus dimensiones, dejaba pasar un número fijado de hilas de agua quedando el resto para los regantes situados aguas arriba del

mismo. La repartición proporcional del agua desde una acequia a otras dos se hace con un partididor que divide el flujo entrante en dos corrientes salientes exactamente iguales. Por esta razón, los partididores debían ser exactamente diseñados, nivelados y construidos (Roldán-Cañas y Moreno-Pérez, 2010).

Durante el Renacimiento, se produce un gran cambio desde la ciencia puramente filosófica de los Escolásticos, imperante durante los oscuros años de la Edad Media, hacia la ciencia de la observación. El lugar donde esta tendencia aparece en primer lugar es Italia, y dos de sus mayores representantes fueron Leonardo da Vinci (1452-1519) y Galileo Galilei (1564-1642). Benedetto Castelli (1577-1644), discípulo de Galileo, es el primero que escribe en su libro *Della misura delle acque correnti* (1628) que, además de la sección, hay que considerar la velocidad de modo que donde el río tiene menos velocidad, allí será de mayor profundidad, y en esas partes con mayor velocidad será de menor calado (Levi, 2001). En este punto, Castelli reconocía la validez de un antiguo refrán que dice “cuidaos de las aguas mansas” ya que serán de mayor profundidad y, por tanto, más peligrosas para quien las quiera cruzar.

A su vez, Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Castelli, escribió un libro denominado *Motu proiectorum* (Del movimiento de los proyectiles) que incluía una última parte de contenido hidráulico, *Motu aquarum* (Del movimiento de las aguas), en el que se demuestra, y comprueba experimentalmente, su famoso teorema que él enunció del siguiente modo: las velocidades del agua que sale de un tanque perforado son proporcionales a la raíz cuadrada de las profundidades por debajo de la superficie libre de los orificios correspondientes (Levi, 2001). Este teorema transforma una carga de altura de agua en velocidad y cuantifica lo ya observado por los matemáticos griegos y romanos.

Aunque la proporcionalidad que marca la ecuación de Torricelli entre velocidad y raíz cuadrada de la altura es correcta, su evolución hacia la forma exacta de la ecuación de desagüe tal y como hoy se le conoce, ha contado con la aportación de múltiples autores a lo largo de los años y siglos siguientes. A destacar la contribución de Isaac Newton (1643-1727) que mostró, en el segundo libro de su obra *Principia*, editado en Londres en 1686, que el chorro de salida del agua se contraía una vez el agua salía al exterior, y razonó que, por tanto, el caudal evacuado no era el correspondiente a la sección del orificio sino el que pasaría por la sección reducida (Levi, 2001). El coeficiente de contracción, C_c , o C_d en su forma final, fue estimado por Newton en un valor de 0,706 correspondiente a $(21^2/25^2)$, bastante aproximado al real. Posteriormente, el marqués Giovanni Poleni (1683-1761) en su tratado *De Castellis* (1718) ajusta aún más ese coeficiente de contracción y lo fija en un valor de 0,62, prácticamente igual al que se usa actualmente (Rouse e Ince, 1963), al considerar los efectos de la viscosidad del agua y el rozamiento del agua al salir.

Aunque el principio de Torricelli se escribe actualmente como $v = \sqrt{2gh}$, hay que remarcar que durante al menos un siglo fue usado sin el factor (2g). Por lo tanto, Galileo y sus seguidores evaluaron el problema de la caída libre matemáticamente sin considerar el significado físico del factor de proporcionalidad (Rouse e Ince, 1963).

De este modo, la ecuación de desagüe por orificios, $Q = Cd\omega\sqrt{2gh}$, no pudo ser aplicada en su forma actual con anterioridad a mediados del siglo XVIII ya que, por un lado, el factor (2g) no era considerado y, por otro lado, el coeficiente de desagüe, Cd, no fue determinado con exactitud hasta pocas décadas antes. Además, se debe tener en cuenta que, aunque la comunidad científica tenía sus propios medios de difusión y eran conocedores, aunque con cierto retraso, de los avances en su rama del saber, la aplicación práctica de los mismos sufría una notable demora que se podía cifrar en decenas de años e, incluso, en algún siglo.

3. Las medidas antiguas de agua

En paralelo con la evolución de la ecuación de desagüe, se desarrollaron diversas medidas de agua, que se usaron tanto en España, como en los territorios de ultramar, antes de la aparición del sistema métrico decimal, con nombres tan curiosos como: paja, real, dobla, buey, surco, dedo, naranja, lenteja, garbanzo..., y, aunque la misma denominación se usaba, a veces, en distintos lugares, no ocurría así con su equivalencia a nuestras actuales medidas que es altamente variable, de lo que se colige que no tenían un carácter universal. La paja, una de las más pequeñas, es la que se ha usado habitualmente como medida del agua en las ciudades. En cambio, entre las más grandes, el surco, era la utilizada frecuentemente en el mundo rural.

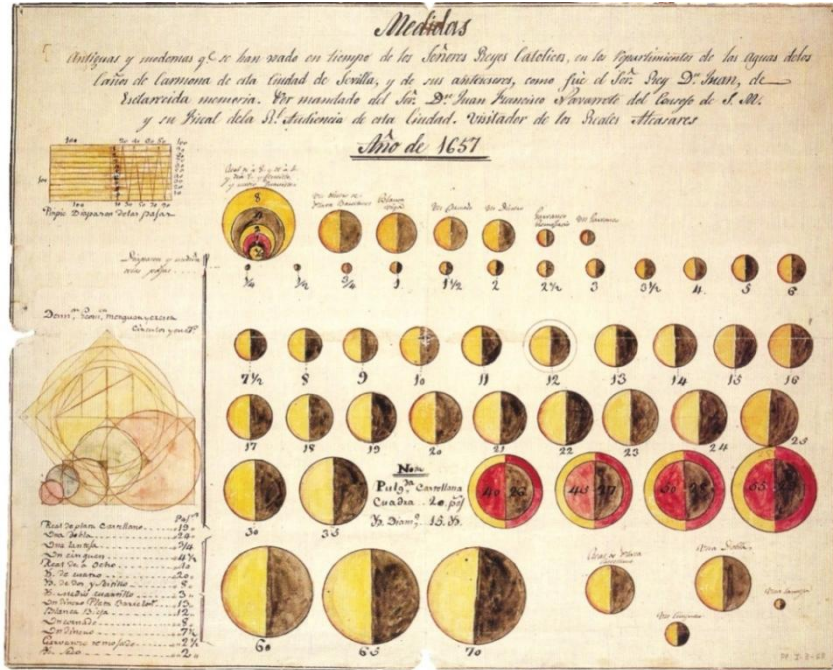
En La ciudad de Madrid, la unidad básica era el Real de Agua o Real Fontanero, o agua que salía por un orificio cuyo diámetro coincidía con el de una moneda de un real, 1,35 cm, esto es, con una superficie de 1,43 cm². Al no conocerse la carga, hay que usar observaciones realizadas ya en el siglo XIX que nos proporcionan su valor como 134 l/h. También usaban como medida la paja de agua que equivalía a un 1/16 de un real fontanero, esto es, 8,38 l/h, que se corresponde con la definición dada por el DLE. Asimismo, se utilizó la naranja o caña naranjero que, según González Tascón (1998), corresponde al tamaño de la munición del cañón naranjero y equivale a 12 reales o 192 pajas.

La mejor información sobre medidas de agua en la España de los Austrias, se encuentra en un plano que se conserva en los archivos del Ayuntamiento de Sevilla, fechado en 1657, y que hace alusión a los repartimientos de las aguas de los Caños de Carmona desde los tiempos de los Reyes Católicos (ver figura 1). En este plano se dibujan las diferentes secciones de paso correspondientes a cada una de las unidades y, a su vez, todas estas medidas se refieren a una única unidad, la paja de agua (ver tabla 1).

Del mismo plano se deriva que el valor medio del área del orificio de la paja sevillana es de 0,275 cm², mayor que el de la paja de agua madrileña (0,089 cm²), lo que induce a pensar que el caudal desaguado por ella sería también más grande.

A los territorios de Nueva España, llegaron también con el descubrimiento de América, las unidades de medida de caudales castellanos. Según Palerm y Chairez, (2002), las medidas

de agua y las equivalencias entre ellas en el territorio de Nueva España son algo diferentes a las usadas en España, aunque algunos nombres se repiten, real, paja, naranja (ver tabla



Unidades de medida hidráulicas de la ciudad de Sevilla, usadas desde la época de los Reyes Católicos. Sebastián de Ruesta, 1657.
Archivo Municipal de Sevilla (Pl. 1-3-68).

2).

Figura 1. Unidades de medida hidráulica de la ciudad de Sevilla. (Fuente: Archivo municipal, 1657).

Medidas	Número pajas	Medidas	Número pajas
1 Real de plata castellano	19	1 Cinquen	4 ½
1 Real de ocho	40	1 Dinero de plata barcelonés	13
1 Real de a cuatro	20	1 Blanca "Bieja"	12
1 Real de medio cuartillo	3	1 Cornado	8
1 Real de dos y sestillo	8	1 Dinero	7 ½
1 Dobra	24	1 "Garvanzo" remojado	2 ½
1 Lenteja	¾	1 "Garvanzo" seco	2

Tabla 1. Número de pajas en cada unidad de medida, Sevilla, 1657. (Fuente: Archivo municipal)

Medidas	Número pajas	Medidas	Número pajas
1 buey	20736	1 real	18
1 surco	432	1 pulgada cuadrada	16
1 naranja	144	1 dedo cuadrado	9

Tabla 2. Número de pajas en cada unidad de medida, Nueva España, siglos XVI-XIX. (Fuente: Palerm y Chairez, 2002)

La memoria económica de la municipalidad de México publicada en 1830 recoge, por primera vez, equivalencias volumétricas durante un determinado tiempo de las medidas antiguas de agua. Los datos están basados en las mediciones realizadas por D. Miguel Constanzó en 1792 e indican que una paja produce en cada minuto una libra o cuartillo de agua, es decir, 0,45 litros. Por lo tanto, una paja de agua equivale a 0,0075 l/s o 27 l/h. Al menos en México, el coeficiente Cd se introduce en la ecuación de Torricelli en 1846.

En Guatemala se estableció en 1931 que una paja de agua equivale a 2000 litros de agua en 24 horas, es decir, 0,0231 l/s o 83,33 l/h, lo que supone unas tres veces la paja de agua mexicana (Palerm y Chairez, 2002).

En el norte de México y sur de Estados Unidos, y dentro del mundo del riego, las cantidades de agua se determinaron también a partir del tamaño de la abertura a través de la cual el agua se conducía desde el canal principal a la acequia (Meyer, 1996). En la tabla 3 se muestra el número de pajas contenido en cada una de las diferentes medidas de agua, observándose que una paja estadounidense equivale a unas diez veces la paja mexicana.

<i>Medidas</i>	<i>Número pajas</i>	<i>Medidas</i>	<i>Número pajas</i>
1 buey	2200,8	1 naranja	14,5
1 surco	43,2	1 real	1,81

Tabla 3. Número de pajas en cada unidad de medida, Norte de México-Sur de Estados Unidos, siglos XVIII-XIX. (Fuente: Meyer, 1996)

4. La paja de agua cordobesa

En el glosario que acompaña su libro sobre Las Aguas de Córdoba (en 1876), López Amo (1997) define la paja de agua como la medida que es la decimosexta parte del real de agua o fontanero, y equivale a 324 líneas cúbicas o a dos tercios de centímetro cúbico por segundo, es decir, 0,00067 l/s (0,04 l/min 2,4 l/h o 57,6 l/día). Aunque la definición de paja cordobesa concuerda con la de Madrid, la equivalencia es diferente y, en este caso, representa algo menos de un tercio de la primera. Aunque López Amo no justifica dicha equivalencia, en otra parte de su libro, aclara que, para la justa distribución de las aguas, se disponía en el archivo municipal de “una caldera con sus cisuras arregladas al patrón, la cual, llena de agua, se ha de mantener siempre con una cuarta sobre las cisuras”, es decir, si se entiende que se refería a una cuarta de vara castellana serían 0,209 m (CEM, 1999). Sin embargo, resulta extraño que su definición de paja cordobesa, ya en 1876, sea, exactamente, 100 veces inferior a la que se obtiene, posteriormente, en este trabajo, estudiando un aforador de la misma época, 1869 (ver figura 2), y con cargas de agua similares, entre 0,225 y 0,230 m.

Dicho aforador o arca de agua se conserva en la Empresa Municipal de Aguas de Córdoba (Emacsa), y consiste en una caja de bronce semicircular con unas dimensiones de 42 cm de diámetro, 27 cm de ancho y 28 cm de profundidad. En la parte curva se abren 28 cisuras de diferentes tamaños y que corresponden, según la leyenda que hay sobre ellos, a $\frac{1}{4}$ de paja (4 orificios), $\frac{1}{2}$ de paja (2 orificios), 1 paja (6 orificios), 2 pajas (6 orificios), 5 pajas (5 orificios), y 10 pajas (5 orificios) (ver figura 2).



Figura 2. Arca de agua, o aforador, conservada en la Empresa Municipal de Aguas de Córdoba. Año de 1869 (Fuente: Pizarro Berengena, 2014).

Midiendo el diámetro de cada abertura y la carga de agua que hay sobre cada una de ellas, supuesto que se mantiene un nivel constante enrasando con la parte superior de la caja ya que el exceso de agua rebosaría, se puede calcular el caudal descargado por cada abertura aplicando la ecuación de desagüe por orificios. Los resultados muestran ligeras variaciones en los caudales obtenidos que se deben, por un lado, a diferencias en las superficies de las cisuras, cuyo valor medio es de $0,5583 \text{ cm}^2$ para el orificio de una paja y, por otro lado, a la diferente carga de vertido que aumenta levemente conforme el orificio es más pequeño.

En efecto, en la tabla 4 se muestra el cociente de áreas entre la de cada uno de los orificios y la de una paja. De esta relación, se infiere que los fabricantes de esta arca de agua pudieron tratar de compensar la salida de un mayor caudal que, proporcionalmente, se desagua por los orificios de mayor tamaño, reduciendo el área de los mismos. Sin embargo, más parece que se trata de un error al construir los agujeros pues los

instrumentos utilizados no tenían la suficiente precisión. Tampoco hay que descartar que el coeficiente de desagüe, C_d , debería ser mayor para los orificios de mayor tamaño y, en nuestros cálculos, siempre se ha mantenido constante e igual a 0,61 (Roldán Cañas, 2014).

Número pajas	Número cisuras	H (mm)	Ω (cm ²)	U (m/s)	Q (l/s)/paja	ω_n/ω_1
10	5	225,38	4,3574	2,103	0,0559	7,8
5	5	227,94	2,2876	2,115	0,0590	4,1
2	6	230,68	1,0146	2,127	0,0658	1,8
1	6	232,22	0,5583	2,135	0,0727	1,0
½	2	232,93	0,2687	2,138	0,0707*	0,48
1/4	4	235,92	0,1452	2,148	0,0761	0,26

Tabla 4. Valores medios de altura, área, velocidad y caudal. Aforador de 1869.

(*) Una muestra escasa, solo dos orificios, puede ser la causante de este descenso de caudal unitario aún cuando el número de pajas disminuye.

El efecto sobre el caudal evacuado de las diferentes alturas de vertido es más atenuado que el de las áreas pues se relaciona con la velocidad a través de la raíz cuadrada, de ahí que dichas velocidades de salida solo oscilen, ligeramente, entre 2,10 y 2,15 m/s. Todo ello se traduce en que el caudal unitario de una paja disminuye conforme aumenta el número de pajas del orificio, pero de forma casi inapreciable pues el coeficiente angular de la recta de ajuste es muy pequeño (-0,0019) (ver figura 3).

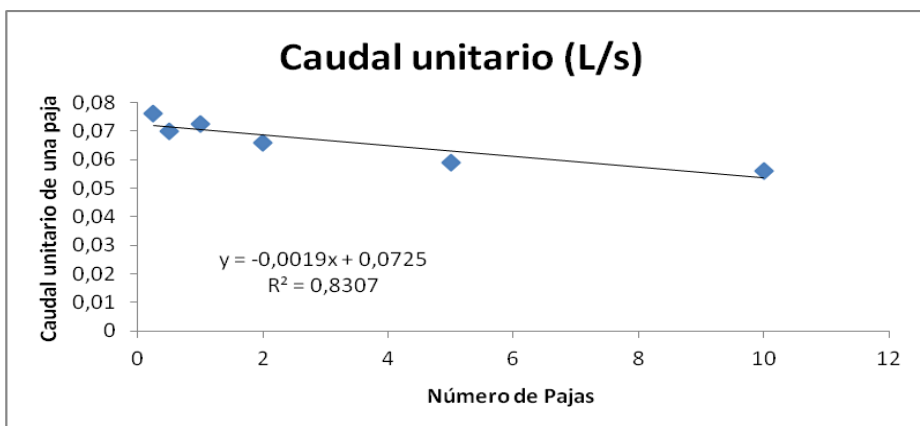


Figura 3. Caudal unitario de una paja vs número de pajas por orificio. Aforador de 1869.

El valor medio de la paja cordobesa resultante de este ensayo resulta ser de 4 l/min (0,067 l/s o 240 l/h o 5760 l/día), valor que es corroborado por los siguientes documentos:

-Anuncio de la Sociedad de Partícipes de las Aguas que fueron del Cabildo Eclesiástico en el periódico local de 4 de agosto de 1905, en el que se establece también que una paja de agua son 4 l/min.

- Ordenanza fiscal reguladora de la tasa por el suministro de agua potable en Carcabuey (Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba de 13 de septiembre de 2005, p. 4764) donde también se establece la equivalencia de la paja de agua en 4 l/min.

El valor de la paja de agua cordobesa destaca por su elevada cuantía lo que podría tener su explicación en el supuesto, nada improbable, de que la ecuación de desagüe por orificios fuera usada todavía en 1869 sin el coeficiente de gasto, Cd, ni el factor $\sqrt{2g}$. En ese caso, la cuantía de la paja cordobesa se obtendría dividiendo el valor anterior por 2,7 con lo que equivaldría a 1,48 l/min (0,025 l/s o 88,8 l/h o 2131 l/día), valor más cercano al de las restantes pajas de agua.

Viene a corroborar lo anterior un expediente de 1870 que consta en el archivo histórico municipal de Córdoba (Pizarro Berengena, 2014). En él se pretendía “la adopción de una medida de agua en sustitución de la llamada paja, idea cuya realización es muy conveniente y hasta indispensable, pues sabido es que la paja de agua es una medida arbitraria, variable y elástica cuya entidad nadie positivamente conoce”, mencionándose que “en esta capital el que compra una paja de agua solo recibe 2 metros cúbicos en 24 horas”, es decir, 2000 l/día, valor casi idéntico a los 2131 l/día que se acaba de encontrar no considerando ni el coeficiente ni las constantes en la ecuación de desagüe por orificios.

5. Conclusiones

Las medidas de caudal se hicieron desde la antigüedad mediante una correspondencia biunívoca caudal-sección de paso que no permitía una extrapolación universal de los resultados pues faltaba la consideración de la velocidad del flujo. No obstante, el objetivo de un reparto equitativo se conseguía manteniendo constantes las cargas de agua en los depósitos de distribución.

Es a partir del Renacimiento, cuando, poco a poco, y a lo largo de varios siglos, las contribuciones de grandes científicos dan la forma correcta a las ecuaciones de aforo tal como hoy día se les conoce, de modo que a principios del siglo XVIII ya se puede decir que el proceso ha concluido.

No obstante, hay que esperar al siglo XIX, e incluso hasta el siglo XX, al menos en la ciudad de Córdoba, para que estos avances sean incluidos en la cotidianeidad y sean aplicados para conseguir una correcta distribución de agua.

Mientras tanto, coexistieron múltiples medidas de agua, de las que la paja de agua es su mayor exponente, que, aun conservando su nombre, no representaban lo mismo en ubicaciones geográficas diferentes, ni tan siquiera entre ciudades relativamente próximas. Desde el punto de vista conceptual, no se había avanzado desde la época romana. No obstante, se era consciente de que lo importante no era el valor absoluto de la medida sino el relativo, de modo que aunque la paja de agua era una medida arbitraria, cuyo valor era desconocido, se sabía establecer unas condiciones de distribución que permitían

calcular, con absoluta seguridad, sus múltiplos y divisores. En el caso de Córdoba, se ha calculado que su valor equivale a 4 l/min usando un aforador datado en 1869.

Referencias

CEM (Centro Español de Metrología). 1999. *Pesas y medidas españolas antiguas. Patrones del siglo XIX anteriores al sistema métrico*. Ministerio de Fomento. Madrid.

Garbrecht, G. 1987. "Hydrologic and hydraulic concepts in antiquity". En: G. Garbrecht (Ed.). *Hydraulics and hydraulic research. A historical review*. A.A. Balkema. Rotterdam, pp: 1-22.

Glick, T.F. 1988. *Regadío y sociedad en la Valencia medieval*. Valencia.

González Tascón, I. 1998. "Abastecimiento de agua a las ciudades". En: Felipe II. *Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y Obras Públicas en la época de Felipe II*. Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, pp: 323-331.

Levi, E. 2001. "El agua según la ciencia. Avances en Hidráulica", 8. AMH-IMTA. 677 p. (primera edición de Conacyt-Ediciones Castell Mexicana de 1989).

López Amo, J. 1997. *Las aguas de Córdoba. Descripción del origen y curso de las aguas potables en 1876*. Ediciones de la Posada. Ayuntamiento de Córdoba, 102 p.

Meyer, M.C. 1996. *Water in the Hispanic Southwest. A social and legal history, 1550-1850*. The University of Arizona Press, Tucson, AZ, USA, 209 p.

Palerm, J. y Chairez, C. 2002. "Medidas antiguas de agua. Relaciones". *Revista del Colegio de Michoacán*, 23(92):227-251.

Pizarro Berengena, G. 2014. *El abastecimiento de agua a Córdoba*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, 405 p.

Roldán-Cañas, J. 2014. *El arte de aforar: del nilómetro a la paja de agua cordobesa*. Discurso de inauguración del curso 2014-15. *Boletín de la Real Academia de Córdoba de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba*. En prensa.

Roldán-Cañas, J. y Moreno-Pérez, M.F. 2010. "Water engineering and management in al-Andalus". En: Cabrera, E. y Arregui, F. (eds.). *Water engineering and management through time. Learning from history*. CRC Press/Balkema. Leiden (Holanda), pp: 117-130.

Rouse, H. e Ince, S. 1963. *History of Hydraulics*. Dover Publications, New York, 269 p.

Viollet, P.L. 2007. *Water engineering in ancient civilizations*. IAHR. Madrid, 322 p.