

ABASTECIMIENTOS DE AGUAS ROMANOS. PARADIGMAS Y REALIDADES

Isaac Moreno Gallo¹

1. LA SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA

El abastecimiento de aguas a las poblaciones en el mundo romano era una necesidad política y sanitaria. Al ser inexcusable para el mantenimiento del modo de vida romano, la dotación de agua a las poblaciones se resolvía incluso antes que otras de las obras públicas también muy necesarias para el desarrollo de la ciudad. La posibilidad técnica del abastecimiento de agua potable a las ciudades condicionaba en la mayoría de las ocasiones el propio establecimiento de estas, incluyendo la posición exacta del núcleo urbano.

Vitruvio apunta claramente la necesidad de encontrar aguas en suficiente cantidad y calidad que posibilite el desarrollo de la ciudad, así como la forma de comprobar su calidad, la de conducirla y la de distribuirla (Vitr. 8). Para los gobernantes romanos el abastecimiento de agua se convertía en una prioridad, de forma que un servicio esencial como éste era cuidadosamente procurado, legislado y administrado.

Cuando Frontino asume el cargo de administrador de las aguas de Roma, en el 97 d. C., lo hace según, sus propias palabras, como un honor recibido del emperador Nerva (Front. *Aq. pr.* 1). Gracias al hombre riguroso y minucioso que fue, conocemos la importancia de la administración de las aguas en las ciudades y muchos de los detalles legislativos y técnicos en que se sustentaban, ya que los dejó escritos y pormenorizados en su obra *Las canalizaciones de agua de la ciudad de Roma*.

1. Ingeniero de Obras Públicas y Graduado en Geografía e Historia (UNED). Correo electrónico: morenogallo@gmail.com

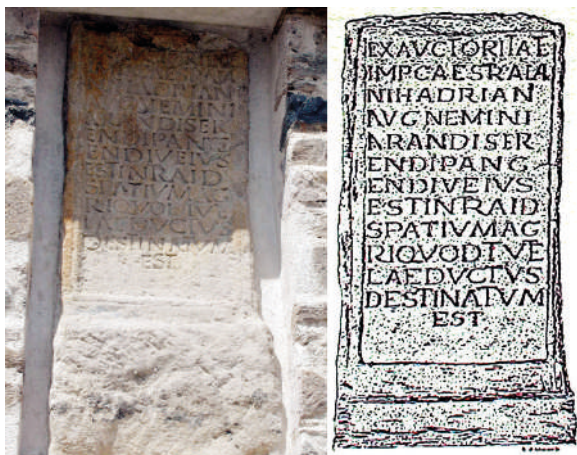


Fig. 1. Hito terminal del acueducto del Gier (Lyon), hallada en Chagnon (CIL XIII, 01623): "Por orden del Emperador Cesar Trajano Adriano Augusto, queda prohibido labrar, sembrar o plantar en este espacio de terreno destinado a la protección del acueducto".



Fig. 2. Enterramientos junto al acueducto del Gier, en Chaponost. Foto: J. C. Litaudon.

Tal era la importancia del recurso, que las canalizaciones estaban protegidas legal y físicamente, no solo en su trazado estricto sino en una amplia franja en forma de zona de seguridad. Para ello, se colocaban hitos terminales donde se podían leer las limitaciones de uso establecidas (fig. 1).

Lo cierto es que, aprovechando el terreno público mal vigilado, se llegaron a establecer, cuando aparece la costumbre cristiana de inhumar a los muertos, tumbas junto a los acueductos, con el grave problema sanitario que el tema conllevaba.

En relación con el informe presentado por los cónsules Elio Tuberón y Paulo Fabio Máximo en el sentido de que los accesos de los acueductos que llegaban a la Ciudad estaban invadidos por tumbas, edificaciones y plantaciones de árboles, el Senado, preguntado su parecer al respecto, ha tomado la siguiente decisión: ... se ha dispuesto que en las proximidad de las fuentes, arcos y muros permanezca expedito a uno y otro lado un espacio de 15 pies y que en torno a los canales subterráneos y galerías dentro de la Ciudad y edificios contiguos fuera de ella se deje libre, a uno y otro lado, un espacio de 5 pies... (Front. Aq. 127).

Recientemente, se ha hallado un buen número de enterramientos junto al acueducto del Gier, en Chaponost, en el lugar llamado les Viollières (fig. 2).

Existían personas encargadas de la vigilancia, reparación y mantenimiento de los canales. Las leyes establecían claramente las penas o las sanciones económicas inherentes a los incumplimientos, infracciones e incluso robos de agua o destrucciones del canal que pudieran producirse y que de hecho se producían, como narra Frontino.

En el Estado de Derecho que fue el romano, el interés público primaba de extraordinaria manera sobre el privado en todos los ámbitos.

(...) El Senado, preguntado su parecer al respecto, tomó la decisión siguiente: que a ninguna persona privada le sea permitido hacer tomas de los conductos públicos y que a todas aquellas a quienes les haya sido concedido el derecho de desviar agua, lo hagan de los depósitos de distribución (...) (Front. Aq. 106).

El derecho del agua concedida no se transmite ni al heredero ni al comprador ni a ningún nuevo propietario de las haciendas. A los baños públicos se otorgaba desde mucho tiempo atrás la prerrogativa de conservar a perpetuidad el agua una vez conseguida. En la actualidad toda concesión de agua se renueva con el nuevo titular (Front. Aq. 107).

El celo en la satisfacción continuada de la demanda llevaba a prevenir las contingencias que pudieran interrumpir el suministro.

Incluso en todas las partes de la Ciudad, las fuentes públicas, tanto las nuevas como las antiguas, recibieron cada una en su mayor parte dos tomas de diferentes acueductos de modo que si un accidente dejaba inservible una de ellas, el servicio no se viese suprimido al ser suficiente la otra (Front. Aq. 87.5).

Los técnicos romanos sabían cómo evitar que el suministro no se viera afectado por mucho tiempo en caso de avería.

Nadie pondrá en duda, pienso yo, que los conductos más vigilados deben ser los que están más próximos a la Ciudad, es decir, los que se asientan sobre piedra tallada a partir de la séptima milla, porque no sólo son una obra de enorme dimensión, sino porque cada uno soporta muchas conducciones. Y si fuese menester interrumpirlos, dejarían a la ciudad privada de la mayor parte del aprovisionamiento de agua.

Hay, sin embargo, soluciones para afrontar incluso dificultades de este tipo: se construye un andamio y se le eleva hasta la altura del conducto dañado, luego un lecho con canalizaciones de plomo se empalma a través del espacio del acueducto interrumpido (Front. Aq. 124).

2. EL EFECTO PUBLICITARIO DEL AGUA

Los gobernantes lograban el respeto y la admiración de la población mediante la construcción de obras públicas y, entre ellas, las destinadas al suministro de agua contaban con el mayor de los aprecio.

ISAAC MORENO GALLO



Fig. 3. Cámara de entrada del sifón de Soucieu-en-Jarrest en el lugar de la Gerle, en el acueducto del Gier, con los orificios de las tuberías de plomo que lo constituían y la rampa de apoyo.



Fig. 4. Torres de descarga de presión en los cambios de alineación del acueducto de Aspendos.

El efecto benefactor que sobre el pueblo tenían los acueductos era la mejor publicidad que gobernantes y potentados podían hacerse en aquella época y desde luego no desaprovechaban la ocasión de perpetuarlo en inscripciones colocadas al efecto. Suponemos que los actos inaugurales en estas obras guardarían no poca semejanza con los que hoy se realizan sobre la gran obra pública.

Las obras de conducción de las aguas, desde su lugar de origen hasta el lugar de distribución o depósito, eran muchas veces técnicamente complicadas y siempre costosas. Pero la población no apreciaba convenientemente estas realizaciones si finalmente quedaban ocultas, como ocurría la mayoría de las veces.

Tal vez, por estos motivos, en no pocas ocasiones se optaba por vistosas obras dudosamente necesarias, pero de un efecto publicitario indudable. Son muchos los casos en los que las grandes arquerías podrían haberse sustituido por sifones mediante tuberías, igualmente eficaces y más baratos de construir. El equilibrio entre el costo de las obras de sifones por tubería (*fistulae*) o el de arquerías de sujeción del canal (*arcuationes*), no siempre estaba resuelto a favor de la economía y en el caso de proximidad a núcleos habitados se resolvía intencionadamente a favor de las arquerías, cuyo espectáculo impactaba a la población y hacía perdurar la memoria del promotor durante generaciones.

Muchas de las gigantescas y costosas arquerías como las de Segovia o Tarragona, no resistirían un estudio económico de construcción y mantenimiento sobre soluciones basadas en conducción por tuberías. Sirva de ejemplo el caso del acueducto del Gier en Lyon, en el que se establecieron hasta cuatro enormes sifones, uno de ellos, el de Beaunant, de 2.660 m de longitud y 123 m de altura de presión, constatándose en ellos un funcionamiento altamente eficaz durante la vida del acueducto (fig. 3).

Los serios inconvenientes de mantenimiento de las arquerías no pasaron desapercibidos a Frontino.

La acción del paso del tiempo o la inclemencia de los temporales la padecen ordinariamente las partes de los acueductos que están sostenidas sobre arcos o las que están adosadas a las laderas de las montañas y, entre las arcadas, aquellas que pasan a través de un río. Y precisamente por este motivo, las reparaciones pertinentes deben ejecutarse con diligente rapidez. Las partes subterráneas, que no se encuentran a merced de los rigores de las heladas ni de los calores, son las que menos daños soportan (Front. Aq. 121).

Existen casos conocidos en el Imperio que se prestan a un análisis particular. El sifón de Aspendos (Turquía) es realmente la sucesión de tres, empalmados entre sí por dos torres de descarga. La tubería, de plomo con juntas de piedra, permanecía elevada en rasante horizontal sobre arquerías en mucha longitud, manteniendo constante la presión soportada en todo el tramo entre torres. Con ello, se lograba reducir enormemente la altura de las arquerías, a cambio de conducir el agua a presión (fig. 4).

Tal vez, el estudio económico de una solución en tubería siempre apoyada sobre el terreno no fue lo suficientemente rentable y, de paso, se optó por el espectáculo. Y el efecto final lo es, con 1.670 m de arquerías de apoyo para una tubería sometida a presión.

3. EL AGUA DE BOCA

Como hoy, el agua en el mundo romano también fue destinada en grandes cantidades para la agricultura. Se construyeron presas que almacenaban el agua con destino al riego por todo el Imperio, aumentando la producción y la riqueza agrícola de forma muy notable. Hoy apenas se conservan algunas. También hubo usos industriales, como los molinos harineros, con arquetipo en la cadena de molinos de Berbegal (Arles). Sin embargo, las realizaciones más espectaculares estuvieron en el mundo de la minería, donde el lavado del mineral requería en ocasiones cantidades ingentes de agua en lugares de difícilísimo acceso y suministro, como la explotación aurífera de las Médulas en el Bierzo leonés. Pero, el agua fundamental que los técnicos romanos tenían que procurar, era la urbana. De ella dependía la higiene, la salud y el recreo de los ciudadanos (fig. 5).

Alrededor de manantiales con ciertas virtudes surgieron ciudades enteras y muchas fueron dedicadas al agua y fundadas en razón a este elemento. Solo en la península ibérica se conocen hoy un buen número de ellas que llevaron el agua en su nombre: *Aquae Celenae* (Caldas de Rey - Pontevedra), *Aquae Quintiae* (Baños de Guntín - Lugo), *Aquae Flaviae* (Chaves), *Aquae Querquennae* (Baños de Bande - Orense), *Aquae Oreginis* (Baños de Río Caldo - Orense), *Aquae Bilbilitanorum* (Alhama de Aragón - Zaragoza), *Aquae Voconiae* (Caldes de Malavella - Gerona), *Aquae Calidae* (Caldas de Montbui - Barcelona) y *Vico Aquario* (Al norte del Duero, en Zamora).

Pues bien, todas las ciudades romanas tenían suministro de agua y, sin embargo, en la mayoría de ellas no se conoce hoy el sistema utilizado con el que se consiguió. Solo unos pocos abastecimientos romanos presentan vestigios de arquerías para la canalización, pero es que, realmente, solo unos pocos las tuvieron. La mayoría recurrieron a la canalización subterránea, motivo por el que hoy nada se sabe de su existencia. Lo mismo ocurre con la identificación de las fuentes y captaciones de agua romanas. En la mayoría, la procedencia del agua del abastecimiento no se conoce en absoluto.

Es necesario insistir aquí en la cuestión fundamental de la calidad del agua de boca, como el factor prioritariamente buscado por los romanos para el abastecimiento, pero apoyémonos en lo dejado por escrito por quienes vivieron el problema en aquel tiempo.

En los textos de Frontino vemos hasta qué punto fue importante la calidad del agua en Roma, problema que llegó a ser considerado asunto de Estado. Del mismo modo, encontramos en estos textos muchas de las técnicas empleadas para conseguir la mejor de las calidades en la captación.

(...) me ha encargado de la administración de las aguas, cargo que concierne no solo al provecho sino también a la sanidad de la Urbe (...) (Front. *Aq.* 1).

¿Y qué decir del hecho de que el afanoso espíritu del emperador, puesto con escrupulosísima puntualidad al servicio de sus ciudadanos, le ha parecido poco lo hasta ahora realizado al aportar



Fig. 5. El agua era disfrutada por el pueblo a todos los niveles. Las casas modestas contaban al menos con una bañera, como esta de bronce de Herculano (Italia).

gran abundancia de agua, creyendo haber contribuido poco a nuestra seguridad y deleite si no la convierte en más pura y agradable?

Vale la pena pues examinar por qué medios ha corregido él los defectos de algunas conducciones, aumentando la utilidad de todas ellas. En efecto, ¿cuándo, nuestra ciudad, al sobrevenir lluvias, por escasas que fueran, no tuvo aguas turbias y fangosas? Esto ocurre, no porque todas las conducciones tengan este defecto natural desde su nacimiento o porque lo experimenten las que provienen de manantiales, principalmente la Marcia y la Claudia, cuya transparencia, intacta desde su nacimiento, nada o muy poco se enturbia por la lluvia, siempre que vayan cubiertas. (Front. Aq. 89).

Las dos conducciones del Anión son menos cristalinas, pues toman su agua de un río (de la corriente) y a menudo se enturbian incluso en buen tiempo, porque el Anión, aunque fluye desde un lago muy limpio (surgencia), como consecuencia de la velocidad de sus aguas erosiona las orillas y se enloda antes de llegar a los canales. Inconveniente al que se está expuesto no solo durante las lluvias de invierno y verano, sino incluso en las de primavera, estación en la que se requiere sin duda una pureza más agradable del agua (por causa de la mayor temperatura ambiental) (Front. Aq. 90).

El Anión Nuevo contaminaba a los demás porque, al llegar con un nivel muy elevado y sobre todo con mucho caudal, remedia la insuficiencia de los otros. Los fontaneros incompetentes lo desviaban a los conductos de los otros acueductos con más frecuencia de lo necesario, ensuciando incluso los acueduc-

tos dotados de suministro suficiente y en especial el Claudia que venía por su canal independiente a lo largo de muchas millas y en la misma Roma se mezclaba con el Anión, perdiendo así su gran calidad.

Hemos descubierto que incluso la misma Marcia, muy agradable por su frescor y claridad, suministraba su agua a baños, batanes e incluso menesteres indignos de ser mencionados (Front. Aq. 91).

Así pues se resolvió la separación de todos los acueductos y la distribución de cada uno de forma que, sobre todo la Marcia, pudiese utilizarse enteramente para la bebida y que cada uno de los restantes se destinasen a usos adecuados con su cualidad característica. Así, por ejemplo, el Anión Viejo que por muchas razones y precisamente por captarse a un nivel inferior es menos salubre, debería ser utilizado para el riego de los jardines y para los servicios más deletéreos de la misma Ciudad (Front. Aq. 92).

Y no tuvo bastante el Emperador con haber restablecido el volumen y calidad de los otros acueductos que también entrevió la posibilidad de eliminar las deficiencias del Anión Nuevo. Así dio la orden de abandonar la captación del agua del río y buscarla a partir del lago situado encima de la villa de Nerón, en Subiaco, en donde el agua es más clara.

De este modo, al tener ahora el Anión su fuente (captación) en la parte de arriba de Treba Augusta, ya sea porque desciende a través de rocosas montañas con muy pocas tierras cultivadas en torno a esa plaza fuerte, o bien porque decanta sus sedimentos en los estanques (decantadores) en los que es recibido y por estar cubierto además por la sombra de los bosques circundantes, llega hasta allí muy frío y limpio.

Esta peculiaridad tan excelente de su agua, que le lleva a igualar a la Marcia en todas sus propiedades e incluso superarle en caudal, reemplazará el agua sucia y turbia de antes, mientras una inscripción hará mención del emperador César Nerva Trajano Augusto como su reciente constructor (Front. Aq. 93). [De nuevo la búsqueda del efecto publicitario y de la perpetuación del emperador en la memoria del pueblo a través de la Obra Pública].

Vemos, entonces, como los romanos buscaban el agua de mayor potabilidad, entendiendo con ello la que en origen era la más clara, la más fría, la captada a mayor altura y la de mejor sabor.

A continuación, insistían en conservar estas cualidades en todo su recorrido, cubriendo los canales y evitando los rayos solares, impidiendo el arrastre de sólidos mediante la disminución de la velocidad del agua y eliminando el contacto con materiales erosionables (fig. 6).

De esta forma, han surgido tesis que vienen a confirmar estos afanes imperiales que nos describe Frontino. Tras un estudio técnico-constructivo que concluye que las presas de Mérida no son de origen romano, la duda se acaba extendiendo de forma razonable a poner en cuestión el destino del agua represada, estancada, o de mala calidad, para el consumo humano en el mundo romano (Feijoo Martínez 2005).



Fig. 6. Tramo de canal, aún abovedado, conservado sobre las arquerías del acueducto de *Forum Iulii* (Frèjus, Francia).

Otros textos clásicos apoyan estos desvelos de los técnicos romanos para preservar la salud de la población.

Las aguas que discurren por terrenos llanos son salobres, gruesas, algo templadas y de mal sabor... excepto las que precedan de las mismas montañas, que, siguiendo un curso subterráneo, broten en medio de la llanura; a la sombra de los árboles resultan tan agradables como las aguas de los manantiales de alta montaña.

Si hay manantiales que hacen fluir el agua al descubierto, será sencillo disponer de ella; pero si no aflora al exterior, deben buscarse y deben captarse bajo tierra sus manantiales (Vitr. 8.1).

Por todo esto, debe ponerse la máxima atención y habilidad en buscar y elegir bien los manantiales para proteger la salud de los humanos (Vitr. 8.3).

Su obra de albañilería debe ser abovedada, con el fin de proteger el agua de los rayos solares (Vitr. 8.6).

La salubridad del agua se reconoce así: ante todo que no proceda de estanques o charcas (...) (Palladius, Agric. 1.4).

Resultará higiénico llevar allí el agua por tuberías de barro y que se recoja en una cisterna cubierta; pues el agua de manantial es la mejor de todas para beber, hasta el punto de que, aunque pueda

recurrirse al agua de ríos, que no es sana, deba dejarse para los baños y el cultivo de las huertas
(Palladius, *Agric.* 1.17).

Por tanto, debemos considerar acertada la conclusión de que el agua de boca en el mundo romano era buscada fundamentalmente en manantiales de calidad, en galerías de captaciones hechas al efecto, o en aguas de montaña, frías y de calidad. Los pozos solo cubrirían los abastecimientos sin posibilidad de proceder de las captaciones anteriormente mencionadas o las situaciones de emergencia.

Las presas, como agua estancada que son, no tienen la calidad suficiente para la función sanitaria buscada y, si en algún caso la tuvieran, esta calidad no es permanente y mucho menos era comprobable por la tecnología romana, que para estos casos se basaba en métodos empíricos. Existiendo la posibilidad de captar de manantiales y la técnica suficiente para traer el agua de muy lejos, en ocasiones de lejísimos, el riesgo de confiar la salud de la población al agua embalsada, por buena que fuera, era muy alto y con ello alejado de los usos, la inteligencia y el pragmatismo romano.

Conocemos varios casos de captaciones alejadas más de 100 km de la población a la que abastecían, pero distancias entre 50 y 80 km de recorrido entre las fuentes y la ciudad eran muy habituales. Ocurría en regiones que, además, se caracterizan por no ser escasas en agua, por ejemplo, en las Galias, donde los acueductos de Nîmes y Arles tienen más de 50 km, y dos de los de Lyon tienen 70 y 86 km respectivamente. En Alemania, el de Colonia tiene 95 km.

4. CONDUCIR EL AGUA

El arte de nivelar las aguas y conducir las con éxito y sin pérdidas hasta su destino es uno de los más difíciles y bonitos de cuantas disciplinas forman parte de la ingeniería civil. Los ingenieros romanos resolvieron admirablemente el problema combinado de conducir el agua mediante canales de escasa pendiente, por terrenos de orografía difícil, evitando que el agua se perdiese en el recorrido, salvando los obstáculos que la naturaleza pone en el transcurso de la canalización, y haciendo que la obra fuera duradera por sus propias características de diseño.

Todos estos factores debían ser tenidos en cuenta en su conjunto a la hora de diseñar la conducción. El resultado debía ser concluyente para poder elegir canalizaciones de agua rodada: aquella que es conducida por su propio peso, a lámina libre, gracias a la fuerza de la gravedad. O, en caso contrario, recurrir a soluciones de conducción forzada: aquella en la que el agua discurre a presión, en conducto cerrado, empujada y forzada por las masas de agua contiguas en el conducto, siendo capaz de ganar altura gracias al empuje de la que se encuentra en el lado contrario del conducto.

Todos estos extremos eran dominados con soltura por la ciencia de la ingeniería romana, hasta el punto de servir de referencia y escuela para la ingeniería del mundo moderno.

Además, los canales de agua potable romanos debían ser subterráneos o estar cubiertos en la totalidad de su longitud. Esto contribuía a mantener el frescor y la calidad del agua. Incluso en las partes elevadas, sobre muros o sobre arquerías, el canal estaba siempre cubierto. Así se comprueba en los canales conocidos y así lo indicó expresamente.

En los canales, su obra de albañilería debe ser abovedada, con el fin de proteger el agua de los rayos solares (Vitr. 8.6).

4.1. EL AGUA RODADA

Los ingenieros civiles de hoy saben que el compromiso existente entre la velocidad del agua en los canales y la durabilidad de la obra responde a un equilibrio difícil de mantener. Incluso en los canales de hormigón o metal, los de paredes más resistentes, la velocidad del agua debe ser limitada, ya que el desgaste de la obra por el propio líquido conducido puede llegar a ser inadmisibile. Evidentemente, en los de revestimientos más endebles, como los de tierras, la velocidad debe ser mínima. Incluso los revestidos de fábricas de sillares tendrán que tener cuidado con este factor altamente destructor. La velocidad del agua en los canales depende directamente de la pendiente del fondo de estos. A mayor pendiente, mayor velocidad. La rugosidad del perímetro mojado también condiciona la velocidad, pero en mucha menor medida. En el mundo moderno también existen canales y acequias que se arruinan con facilidad por defectos de diseño derivados de la pendiente, o de otros factores que provocan regímenes turbulentos del agua. Las reparaciones, siempre costosas, obligan al revestimiento con materiales más resistentes y duraderos.

Asombra leer como Plinio en su *Historia Natural* indica que “la caída mínima del agua es de un cuarto de pulgada para cien pies” (Plin. *Nat.* 31.57). Esta pendiente, extraordinariamente pequeña, equivale a 20 cm de caída por cada kilómetro, un 0.02 %. A pesar de esto, es la pendiente más frecuente en los canales romanos conocidos. De hecho, canales como el de Nîmes (Francia), con 52 km de longitud, apenas la supera y mantiene pendientes menores en gran parte de su recorrido. Y, aunque no es difícil encontrar tablas con otras pendientes de muchos de los acueductos romanos conocidos, normalmente no proceden de labores topográficas de precisión.

Los canales de agua rodada romanos solían estar excavados en la roca, pero cuando se excavaban en la tierra se revestían mediante cajeros de fábrica de sillería (*opus vittatum*), o de hormigón (*opus caementicium*), en cuyo caso se dotaban de un revestimiento adicional, de mortero impermeabilizante, compuesto de cal, arena, y cerámica molida (*opus signinum*). Esta capa de mortero, que era la que estaba en contacto con el agua, era, en ocasiones, de espesores muy importantes, dependiendo del riesgo de fugas existentes o, mejor, del riesgo que para la obra del acueducto representasen las fugas. De esta forma, hemos visto sobre los cajeros de algunas arquerías de acueductos, espesores de hasta un pie, unos 30 centímetros, de *opus signinum* (fig. 7).

Finalmente, tanto en canales en roca, como revestidos, se consideraba la naturaleza de las paredes del canal y la propia del agua, buscando un equilibrio entre pendiente y velocidad para que ni el canal sufriera



Fig. 7. Revestimiento de gran espesor de mortero impermeabilizante (*opus signinum*), en el cajero situado sobre las arquerías del acueducto de Barbegal en Arles (Francia).

erosión ni fuera depositado demasiado sedimento. En ocasiones, todo el acueducto quedaba estrangulado por el exceso de depósitos calcáreos, disminuyendo el caudal hasta hacerlo inservible. Sin embargo, en contra de lo que se ha creído hasta hoy, la formación de concreción calcárea en los acueductos no suponía necesariamente, en sí misma, la amortización del mismo. El mantenimiento constante del acueducto era una realidad en los momentos en los que la administración romana estaba vigente. Se conocen en algunos de los acueductos de Roma labores de repicado de la propia concreción calcárea para liberar la sección del mismo (fig. 8). No ocurrió lo mismo en el acueducto de Nîmes (Francia), o en el de Colonia (Alemania). Aquí, probablemente en las épocas de crisis de finales del Imperio, con la administración estatal ya desaparecida, la falta de las labores de conservación evitó la retirada de la concreción calcárea, o la adopción de otras medidas que evitasen la muerte del acueducto.

Las arquerías, casi siempre situadas en los tramos finales de las canalizaciones romanas, eran las más difíciles de mantener. Su fragilidad, comparada con las conducciones subterráneas, era evidente y de este aspecto da fe el propio Frontino en sus textos. Sin embargo, algunas, en la propia Roma, acabaron soportando el paso de dos canalizaciones superpuestas, y hasta tres de ellas en algunos casos. Este sobrepeso, añadido con posterioridad al primitivo diseño de las arquerías, obligó al refuerzo de estas en enormes longitudes, mediante estructuras interiores a las arquerías primigenias que multiplicaban la capacidad portante de la estructura final (fig. 9).

Siempre se disponían pozos de registro regularmente repartidos para facilitar el mantenimiento del canal. En las galerías excavadas en la roca, además, estos pozos servían para facilitar la excavación simultánea

ABASTECIMIENTOS DE AGUAS ROMANOS. PARADIGMAS Y REALIDADES



Fig. 8. Concreción calcárea repicada para restablecer la sección del acueducto del *Anio Novus*, cerca de Castell Madama, en el Lacio (Italia).



Fig. 9. Arquerías reforzadas con estructura interior de ladrillo, en el acueducto del *Aqua Claudia*, sobre el que se canalizó el *Anio Novus* posteriormente.



Fig. 10. Final de la excavación en terreno rocoso e inicio del revestimiento abovedado de la galería, que progresa en terrenos sueltos. Galería del acueducto del Gier, en la llamada Cave du Cure, en Chagnon (Francia).



Fig. 11. Panorámica del gran sifón de Patara (Turquía) con tubería de piedra.

en varios frentes y la retirada de los materiales. También servían para ventilar el conducto, para facilitar el replanteo de la obra a través de la introducción de las principales alineaciones (mediante cuerdas y plomadas) y, finalmente, para balizar en superficie el trazado, controlando la zona de afección del acueducto.

El control geométrico que el ingeniero romano disponía de estos canales subterráneos era casi total. Hoy mismo, revestiría una gran dificultad el replanteo de galerías estrechas de varios kilómetros de longitud. Pero en el mundo romano se sabe de la existencia de varias de ellas de una impresionante longitud. El canal de Albaracín a Cella (Teruel), tiene una galería de cinco kilómetros de longitud, registrada toda ella con pozos de hasta 60 m de altura (Moreno Gallo 2010). Esta longitud, es comparable a la de la galería al que sirvió para drenaje del lago Fucino (Italia), de 5,64 km, realizado en tiempos de Claudio, aunque aquél se construyó con pozos de hasta 122 m de altura (Durand-Claye 1978). Existen mayores longitudes de túneles en el Imperio, por ejemplo, sabemos que el del acueducto de Aix-en-Provence (Francia) tiene unos siete km de longitud y pozos de 80 m de altura (Leveau 2006). El acueducto de Drover-Bergh-Tunnel (Alemania) apenas tiene uno de 1,66 km, pero, se sospecha que, el de Bolonia (Italia), tiene hasta unos 20 km de túnel ininterrumpido (Giorgetti 1985). Finalmente, se ha descubierto hace pocos años por el profesor de Hidromecánica de la Universidad de Darmstadt, Matthias Döring, que el acueducto de Gadara (Jordania) tenía 106 km de túnel (Döring – Radler 2015). Prácticamente todo el acueducto es una galería ininterrumpida.

Muchos de estos canales son hoy desconocidos, pero, se sabe que las proezas de este tipo también se realizaron en el mundo de la minería, donde los requerimientos de canalización de agua para la propia explotación minera, o para el drenaje de las explotaciones, alcanzaron parámetros impresionantes. A título de ejemplo, podemos citar el caso del Coto Fortuna del área minera de Cartagena-Mazarrón (Murcia) donde se hacía circular el agua por una galería de 1,8 km. de largo, 1,30 x 2 m de sección y a 70 metros bajo la superficie (Guillén Riquelme 1997). Desenvolverse con precisión a ese nivel del subsuelo reviste

mucha mayor dificultad técnica, sobre todo de replanteo topográfico, que la construcción de muchas de las vistosas arquerías que daban soporte a las canalizaciones aéreas. Bien es cierto que, algunas de las grandes arquerías que aún se conservan, constituyen obras impresionantes de arquitectura. Como hemos apuntado, varias de ellas presentan un carácter excesivo para el cometido encomendado. Realmente eran objeto publicitario, porque con ellas podía impresionarse a la población fácilmente, pero esto no era posible con las grandes galerías subterráneas, realizaciones técnicas que de nuevo hoy permanecen desconocidas o poco valoradas (fig. 10).

Sin embargo, la mayor parte de la longitud de las canalizaciones se encontraba justo bajo la superficie. La técnica más empleada consistía en excavar el canal siguiendo la curva de nivel adecuada y después cubrirlo. Tras construir los hastiales se hacía necesario dotarlo de un sistema de cobertura como bóvedas, losas, etc.; y, finalmente, por la propia tierra. Cuando el caudal a conducir era menor y, por tanto, menor la sección necesaria, podía recurrirse a enterrar un conducto cerrado en forma de tubería de piedra (fig. 11) o de cerámica que podía conducir el agua rodada, o con escasa presión, en mejores condiciones de estanqueidad. En todo caso, la estanqueidad de los conductos grandes se aseguraba siempre con los morteros impermeabilizantes colocados en las juntas de las piezas que componían el canal si estas eran de piedra tallada o, como hemos indicado, revistiendo toda la superficie mojada del canal cuando éste era de obra de fábrica.

4.2. EL AGUA FORZADA

Cuando los caudales eran menores o la ocasión aconsejaba la solución técnica en conducción forzada, se recurría a las tuberías. Estas podían ser de cerámica, de plomo o de piedra. En ocasiones, toda la conducción se desarrollaba por tubería a presión; otras veces, solo era un tramo el que se realizaba con esta solución.

Casi siempre era más ventajoso salvar las vaguadas que aparecían en el recorrido de la canalización mediante tuberías a presión. Solo si se buscaba una solución propicia al espectáculo se recurría a las arquerías que elevaban el canal. Pero también ocurrían otros casos que desaconsejaban el uso de tuberías, cuando la presión a la que las tuberías se vieran sometidas o la velocidad del agua fuesen muy pequeñas durante mucha longitud, podrían ocasionar deficiencias de funcionamiento por obstrucciones o formación de carbonatos en el interior.

Los sifones se resolvían siempre mediante tubería o grupos de ellas. Disponían de fábricas específicas para su sujeción al terreno, si así lo requería la presión que debían soportar (altura de agua). Estos elementos técnicos, en contra de lo que habitualmente se piensa, fueron muy habituales en el abastecimiento de las ciudades, y en algunos casos con magnitudes espectaculares. Los fontaneros romanos dominaron perfectamente la conducción del agua a presión, tal y como queda demostrado en las muchas realizaciones que hoy conocemos. Del análisis de la situación de las ciudades de esa época, se deduce claramente que muy pocas tuvieron la suerte de tener toda la conducción de su abastecimiento de agua rodada, teniendo que recurrir al menos en alguna ocasión al sifonamiento.



Figs. 12/13. Enorme rampa de bajada de los nueve tubos de uno de los sifones del acueducto del Gier, en Chaponost.

La sección de las tuberías romanas, al igual que la de los canales, se medía en quinarias, senarias, denarias, etc., como informa Frontino de forma minuciosa en su tratado sobre los acueductos de Roma (Front. *Aq.* 25.1). Estas medidas se referían al diámetro, sección, en definitiva, de la conducción. Realmente, el caudal conducido por las canalizaciones, incluidas las tuberías, era medido también en quinarias, ya que los romanos solo consideraban la sección del conducto en la distribución de los caudales que necesitaban. Con ello, no consideraban el factor velocidad en el cálculo de caudales, sino que, al moverse en un rango de pendientes, y por tanto de velocidades, muy pequeño, confiaban el cálculo del caudal conducido únicamente a la sección. En estas circunstancias, la cifra del volumen conducido por unidad de tiempo, el caudal, es constantemente proporcional a la sección del conducto. Por tanto, el caudal puede deducirse de la sección, de ahí que el caudal se midiera en el mundo romano en quinarias, que realmente es una medida de sección (Peña Olivas 2010).

Rara vez han llegado hasta nosotros los tubos de plomo romanos. Los que quedaron en superficie se saquearon tras la caída del Imperio por el valor del metal. De los miles de toneladas de tubería de plomo que componían los cuatro sifones gigantes del acueducto del Gier con destino a *Lugdunum* (Lyon), no se ha encontrado ni rastro de este preciado metal (figs. 12/13). Solo ha pervivido en el propio nombre de la ladera sobre la que se sustentaba uno de los sifones, el de Genilac, hoy llamada *La Plombière*.

5. DECANTACIÓN

La calidad del agua utilizada por los romanos era por lo general excelente ya en la captación. Este factor era buscado escrupulosamente y conseguido casi siempre. No tenían posibilidades de depurar el agua desde el punto de vista bacteriológico o químico y de ninguna forma podían arriesgarse a que el agua tuviera contaminantes de ese tipo. El método empleado era, por lo tanto, la búsqueda de la mejor calidad y la prevención de su deterioro en la canalización, y no era mal método. Sin embargo, las impurezas minerales en suspensión eran frecuentes. Muchas veces procedían del propio manantial, pero también

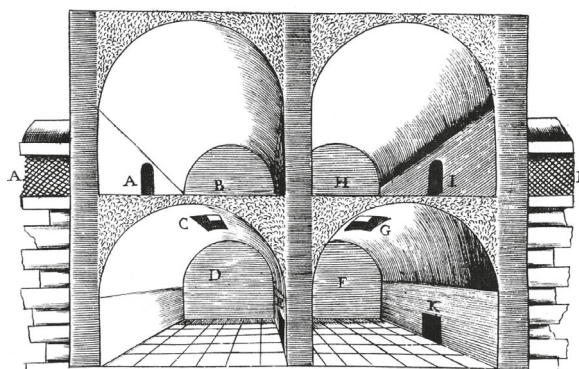


Fig. 14. Reproducción de un depósito decantador descrito por Vitruvio en una de las primeras ediciones impresas de esta obra.



Fig. 15. Arenero en pozo de registro del acueducto de Cartago (Túnez). Foto: J. C. Litaudon.

eran generadas en el recorrido del agua por el canal, de cuyo desgaste mismo procedían muchas de ellas. La roca en la que se excavaban las galerías, los revestimientos impermeabilizantes, las tierras que lograban entrar en el canal a lo largo del acueducto, etc., provocaban impurezas. Por ello, se procuraban cámaras especiales donde se forzaba la disminución brusca de la velocidad del agua, ensanchando repentinamente la sección del canal. De esta forma las partículas en suspensión se sedimentaban en el fondo, decantando.

A veces, estos decantadores eran establecidos en la misma salida del manantial cuando se creía necesario, obteniendo así un primer desarenado muy útil. Otras veces se establecían en los lugares de llegada del agua a la ciudad y, muchas otras, eran los propios depósitos de distribución los que hacían las veces de ello. Estos depósitos, al contar con varios compartimentos divididos en su planta e incluso formados por más de un nivel de cámaras de almacenaje, lograban reducir enormemente la velocidad de circulación del agua, obligándola, además, a realizar el recorrido más largo posible hasta decantar la totalidad de los sólidos en suspensión que pudiera llevar. Para un caudal constante, el aumento de la sección en proporciones enormes, que es lo que ocurre cuando un canal entra en un gran depósito, disminuye la velocidad en la misma proporción. Si además se obliga a circular al agua con un régimen lentísimo, durante mucho tiempo, la eliminación de sólidos en suspensión será total. El agua se convertiría así en cristalina, por muy turbia que llegase al depósito (fig. 14).

Si estos sistemas no eran suficientes se establecían cámaras decantadoras intermedias en el recorrido, aprovechando para ello artefactos creados para otras funciones, como arquetas intermedias de toma de caudal para otros consumos, fuentes públicas, o los propios pozos de registro. Estos pozos, fabricados de buen tamaño, contaban con rebajes en su fondo, que hoy llamamos areneros que, limpiados periódicamente, jugaban un importante papel como decantadores intermedios. Por ejemplo, en el acueducto del Gier, en Lyon, uno de cada dos pozos de registro es de mayor tamaño para disminuir más la velocidad del agua y facilitar la decantación, disponiendo de arenero (Litaudon 2004, 81) (fig. 15).



Fig. 16. Vista general de las enormes cámaras decantadoras de Cartago (Túnez). Foto: J. C. Litaudon.



Fig. 17. Vista interior de una de las cámaras decantadoras de Cartago (Túnez). Foto: J. C. Litaudon.



Fig. 18. Depósito romano ajustado al esquema descrito por Vitruvio. Situado en la colina Fourvière de Lyon.

Al final de la conducción se encontraban los mayores depósitos de decantación. Estos depósitos podían consistir en uno muy grande, varios menores intercomunicados entre sí, o un conjunto formado por ambos tipos. En ocasiones, el propio depósito se constituía en sí mismo como una gran obra de ingeniería por su inmenso tamaño. Es famoso el caso de Cartago (Túnez), donde el inmenso decantador estaba formado por quince cámaras paralelas, alargadas, de 7,4 x 102 m de longitud cada una. Un auténtico coloso con un volumen de cerca de 60.000 m³ (figs. 16/17). En estos casos, mientras algunas cámaras se limpiaban de los fangos del fondo, otras permanecían llenas, decantando. Muchos otros de enorme tamaño son conocidos por todo el imperio. La orografía de las ciudades obligaba otras veces a buscar soluciones menos espectaculares, pero no menos eficaces (fig. 18).

En contra de lo que se cree comúnmente, se demuestra ahora que en el mundo romano no se almacenaba el agua. Estos inmensos depósitos no eran almacenes (reguladores de caudal), si no que su misión era, simplemente, decantar y eliminar los sólidos el agua. Cada litro que entraba en estos decantadores, siempre por la parte superior de las cámaras, salía por el otro extremo, de nuevo por la parte superior. A veces tardaba días en efectuar el recorrido, a velocidad prácticamente cero. Éste y no otro, es el secreto de la decantación. Quienes defienden que estos depósitos eran almacenes (aljibes) no consideran que el caudal aportado por el acueducto (a veces por varios de ellos) era enorme, y muy constante durante todo el año. Estos depósitos solo tienen salidas inferiores en raras ocasiones para desagüe de fondo, para la limpieza, que no para el aprovechamiento de agua almacenada, que además estaría llena del fango decantado. Este tipo de postulados derivan de la tradicional falta de intervención de técnicos competentes en la materia que se hayan ocupado de estas investigaciones, cuestión por la que en ocasiones se asigna a la técnica hidráulica romana unas capacidades muy inferiores, ridículas no pocas veces, a las que ahora se demuestran.

Por lo tanto, la regulación de los caudales prácticamente no existía en la mayoría de los abastecimientos de agua potable a las poblaciones romanas. El agua que se captaba de los manantiales llegaba al decantador, se distribuía por tubería. Un volumen nada desdeñable se vertía al alcantarillado y se desaguaba muy deprisa a través de las fuentes y de otros puntos de consumo. Finalmente, en las cloacas, circulaba un volumen casi igual que el que estaba entrando por el acueducto en cada momento. El agua aliviaba directamente al alcantarillado en las horas de menor consumo, cuando las válvulas de las casas o de las termas permanecían cerradas. Estos mecanismos cumplían una nueva misión no menos importante que asegurar el consumo, y mencionada en sus escritos por Frontino, la limpieza a fondo de la red de alcantarillado.

Pero, ¿realmente existían casos en los que los romanos almacenasen el agua de boca? Atención a estas palabras de Plinio:

Los médicos investigan que tipos de aguas son las más adecuadas para el consumo. Condenan con razón las estancadas e inmóviles, considerando mejores las que fluyen, que se purifican y mejoran con el recorrido y la agitación, por eso me causa asombro que algunos den su aprobación entusiasta a las aguas de cisterna... Los médicos reconocen que el agua de cisterna es inadecuada para el vientre y la garganta por su dureza y que hay en ella más limo y más insectos repugnantes que en las demás (Nat. 31.21/31/34).

Evidentemente existirían circunstancias excepcionales en las que habría que recurrir a algún tipo de almacenamiento del agua o a consumos no deseados, pero no tratamos aquí de ellas. La tesis predominante entre los arqueólogos consiste en asignar a todo depósito romano conectado al acueducto la condición de almacén (aljibe), cuando casi nunca ocurre tal cosa. Sin embargo, atendiendo a los principios expuestos de la gestión de los caudales de abastecimiento romanos, no encontraremos muchos casos de depósitos que puedan considerarse de almacenamiento (reguladores). La mayoría de los que hasta la fecha se han considerado como tales, son meros decantadores-distribuidores, ya sean grandes o pequeños.



Fig. 19. Cisterna de Yerebatan o Casa de la Medusa. Enorme depósito de aguas de tiempos de Justiniano en Constantinopla (Estambul, Turquía).

Depósitos claramente reguladores, auténticos almacenes de agua, pero poco significativos para la ingeniería romana por tratarse ya de periodos de la antigüedad tardía o altomedieval, son las cisternas de Constantinopla. Entre las numerosas cisternas que se construyeron en la ciudad en tiempos de Justiniano, en el siglo VI, destaca la de Yerebatan o Casa de la Medusa, con 80.000 m³ de capacidad. Respondió, esta necesidad, a los sucesivos asedios de los periodos inestables que sufrió la ciudad, al deterioro de los acueductos imperiales heredados y, en buena parte, a la caída tecnológica que impedía dotar a la ciudad de nuevos acueductos o reparar los destruidos. La propia cisterna de Yerebatan, se construyó con los despojos de los formidables monumentos paganos condenados por el cristianismo, pero empleados con un nivel técnico muy deficiente (fig. 19). La técnica estaba en decadencia, tanto como el resto de la ciencia y la forma de vida de la *Roma Aeterna*. La primera gran epidemia de peste negra conocida en Constantinopla, es coetánea a la construcción y al empleo de esas cisternas. Se daba así el pistoletazo de salida a la miseria técnico-científica medieval tras la muerte de la ingeniería sanitaria romana, que no pudo ser superada nunca hasta nuestros días. En efecto, el almacenamiento de los ya escasos volúmenes de agua dejó sin limpieza al enorme complejo de cloacas de Constantinopla, convirtiéndose así en un gigantesco nido de ratas y estupendo caldo de cultivo para la expansión de la bacteria *yersinia pestis*. Ratas y pulgas conducían hasta el hombre la espantosa enfermedad que llegó a diezmar Europa durante siglos.

6. DISTRIBUCIÓN

A partir de los decantadores, una gran red de tuberías de plomo de diferentes secciones y capacidades distribuía el agua a todos los destinos de la ciudad. Sobre la supuesta toxicidad de las tuberías de plomo



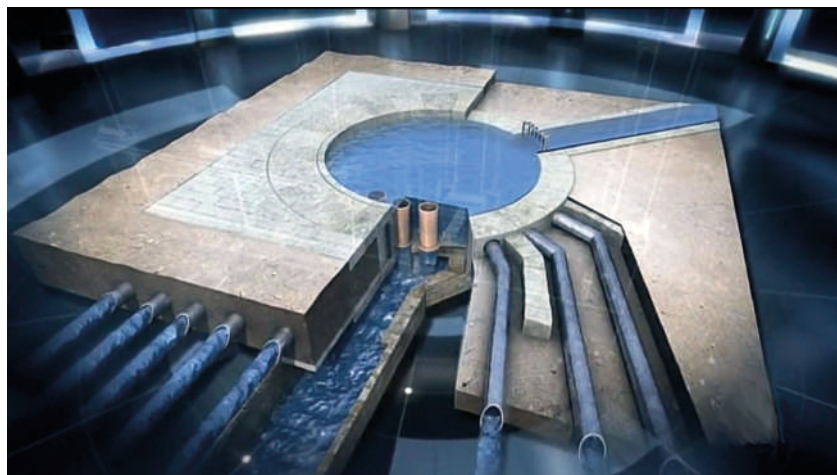
Fig. 20. Cámara de distribución del *castellum divisorium* de Pompeya. El partidor distribuye el agua para los tres usos descritos por Vitruvio fijando una altura de alivio para cada uno de ellos.

y su influencia en la salud de la población romana, cabe apuntar que las tuberías de plomo son solo relativamente tóxicas para la salud de la población. Es mucho más pernicioso, pero mucho más, no tener agua potable. Los romanos sabían perfectamente esto.

El agua es más sana conducida por tubuli [cerámica] que por fistulae [plomo]. La razón es que el plomo la contamina porque de él sale el albayalde, que parece nocivo para la salud (Vitr. 8.7).

El albayalde es carbonato básico del plomo, sólido, de color blanco, y se emplea en pinturas. Y es que, en efecto, el plomo de las tuberías puede disolverse parcialmente en el agua. Sin embargo, en el agua dura, con cierto contenido de cal, el plomo se une al carbonato y se forma entonces en el interior de las tuberías una capa de carbonato de plomo, que apenas es soluble. Esta capa funciona como un recubrimiento de protección para el plomo subyacente de las tuberías. En condiciones normales (20° C y poca presión) el plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta. Para ello, los romanos dotaban a las tuberías de válvulas extractoras de aire (ventosas) que impedían la presencia perniciosa del aire en las tuberías de plomo.

Las prioridades en la distribución, según Vitruvio (8.7.2), eran en este orden: las fuentes públicas, las termas y finalmente las casas particulares (fig. 20). Casi todas las urbes romanas tuvieron suficiente caudal para colmar estas necesidades y aún otras más superfluas, como el riego de jardines y la limpieza de las calles, como indica Frontino en sus escritos (*Aq.* 92). Para las casas particulares, el agua se distribuía previa concesión y con el correspondiente pago de un canon. La red se estructuraba en torno a arquetas donde se conectaban las tuberías de distintos calibres (quinarias) que distribuían el agua a las concesiones, fuentes, baños, edificios... (figs. 21/22). En este entramado se producían no pocas detracciones del valioso



Figs. 21/22. Cámara de distribución del *castellum aquae* de *Nemausus* (Nîmes). Los orificios calibrados distribuían el caudal a los distintos barrios de la ciudad romana. Un importante caudal iba directamente al alcantarillado.



Fig. 23. Válvula romana de corte de caudal. Torneada y mecanizada con extraordinaria precisión. Colección Romul Gabarró.



Fig. 24. 'Ventosa' o válvula de extracción de aire de las tuberías. Colección Romul Gabarró.

líquido. Una serie de funcionarios velaban para que esto no ocurriera, aunque otros, los fontaneros, eran los culpables de esta malversación. Frontino dedica varios párrafos a lamentarse de las tomas ilegales en las arquillas de distribución y del desorden que se encuentra en este asunto, denunciando a los culpables.

Una segunda discrepancia se debe a que una cantidad de agua se capta junto al depósito de toma, otra, considerablemente inferior, se encuentra en las arquillas y finalmente la más pequeña en el lugar de la distribución. La causa de este hecho es el fraude de los fontaneros, a los que he sorprendido desviando el agua de los conductos públicos para provecho de los particulares. Pero también la mayoría de los propietarios, al borde de cuyas tierras pasa el acueducto, agujerean las estructuras de los canales de donde resulta que los conductos públicos interrumpen su recorrido normal en beneficio de particulares o para uso de sus jardines (Front. Aq. 75).

La complejidad de esta red de tuberías no difería mucho de la que podemos encontrarnos hoy en día en el entramado distribuidor del agua en nuestras ciudades. Las válvulas eran tan frecuentes en los puntos estratégicos como variadas y eficaces en su concepción. Generalmente eran de bronce y como hoy se encargaban de abrir o cerrar el paso del agua a conveniencia (fig. 23).

Se han encontrado ejemplos muy variados de codos y piezas especiales de conexión. Las válvulas de extracción de aire de las zonas altas de las conducciones, las llamadas ventosas, eran ya tan eficaces como las que conocemos hoy (fig. 24). Finalmente, los caños de las fuentes, los de las piscinas de los baños públicos, los grifos de las casas, etc., gozaban de una gran variedad y refinamiento en su fabricación, combinando eficacia y belleza perfectamente.



Fig. 25. Pilar de sustentación de un depósito elevado de distribución secundaria en Pompeya. El sobrante de caudal era aprovechado para abastecer una de las muchas fuentes de la ciudad.



Fig. 26. Huella de las tuberías formadas sobre la propia concreción calcárea procedente del chorreo. Columna de sustentación de un depósito secundario en Pompeya.

En la red de distribución de las ciudades, cuando estas se desarrollaban en pendientes de relativa entidad, se evitaban las sobrepresiones innecesarias sobre las tuberías. Si la diferencia de cota entre el depósito distribuidor superior y las partes inferiores de la ciudad era muy grande, se escalonaba el sistema de presiones, de forma que las tuberías nunca soportasen una altura de agua, o presión, superior a los diez metros. La disposición de depósitos intermedios de distribución en ciudades de España como *Bilbilis* (ca. Calatayud), *Uxama* (ca. Burgo de Osma), *Segobriga* (en Saelices), *Valeria* (en Valeria), etc., confirma que la red de tuberías nunca estaba sometida a presiones superiores a la indicada.

Este extremo puede comprobarse aún en las ruinas bien conservadas de los depósitos elevados en Pompeya, distribuidos por diversas zonas de la ciudad. Estos depósitos servían para romper la presión de las tuberías, haciendo que en ningún caso se acumulase la presión de los tramos superiores de la red sobre los inferiores. Desde cada depósito se distribuía el agua a partir de nuevas tuberías calibradas (*calix*) a los nuevos destinos. Los depósitos de Pompeya estaban situados sobre pilares cuya altura no supera los cinco metros y permitían escalonar el sistema de distribución en redes parciales a una presión máxima de entre media y una atmósfera (figs. 25/26).

7. EVACUACIÓN

Las aguas utilizadas, tanto en el ámbito doméstico, como en baños o retretes públicos, en el ámbito urbano, para riegos, en el industrial para lavaderos, curtidos, etc., eran evacuadas lejos de la urbe, por el subsuelo, hasta desembocar en el río. Como en el mundo moderno, existían retretes en los bloques de viviendas, otros comunitarios, en los teatros, en los estadios, en las termas, etc. Un ingenioso sistema de evacuación permanente de agua corriente eliminaba los residuos en el acto, lo que hacía de las letrinas romanas las más higiénicas nunca conocidas, a pesar de mitos absurdos que se difunden universalmente sobre los hábitos en estos espacios. Tal es el caso del uso del *xylospogium* (palo con esponja) para la limpieza personal, a pesar de no existir ninguna fuente clásica que diga tal cosa, ya que las escasísimas que tratan de esto se limitan a mencionar su existencia sin indicar su utilidad (Cl. Terent., P. Michigan VIII.29-30; Sen. *Ep.* 8.70.20; Mart. 12.48.7) (figs 27/28). Al contrario, es fácilmente deducible que el instrumento se usaba únicamente para la limpieza de las letrinas, tal y como lo demuestra la pintura mural existente en las letrinas de la Termas de los Siete Sabios en Ostia Antica, cuya epigrafiía indica: *¡Use el xylospogio!* Evidentemente el interés del propietario de las letrinas no pasaba por la higiene íntima de sus usuarios, sino por la de sus instalaciones (fig. 29). Para tal fin, ya se disponía del canalillo de agua que discurría a los pies del usuario. Aún en algunos países orientales se usa de esta forma (Wiplinger 2012).

En las termas, el agua entraba en las piscinas de las termas de forma permanente, renovándose de forma continua y evacuándose a la cloaca. Junto con la que procedía de las fuentes y de otros usos, se acumulaba finalmente un caudal equivalente al que llegaba por el acueducto. A este flujo, había que sumar el que, por los sumideros de las calles, llegaba en los momentos de lluvia, las aguas de escorrentía pluvial.



Fig. 27. Letrinas de las termas de Éfeso (Turquía).



Fig. 28. Uno de los muchos gráficos que difunden el mito absurdo de que el *xylospogium* se usaba para la higiene íntima.



Fig. 29. Pintura mural de las letrinas de las termas de los siete Sabios, en Ostia Antica, donde se conmina al uso de la escobilla (*xylospogium*).

El conducto final estaba bien calculado para esta contingencia y, así, nos encontramos con cloacas de muy grandes dimensiones que no solo absorbían estos caudales si no que permitían el paso del personal de mantenimiento, absolutamente necesario en los canales que arrastran muchos materiales sólidos y por tanto susceptibles de presentar problemas por interrupciones del flujo. De nuevo se desarrollaba una compleja red de canales bien nivelados, esta vez en el subsuelo de la ciudad, hasta evacuar a los ríos, con parecidos problemas que los que alimentaban la ciudad, si no mayores, como consecuencia de la urbanización y de la edificación soportada sobre ellos.

8. LA CLAVE TOPOGRÁFICA

Estos acueductos funcionaron durante tres o cuatro siglos con un alto grado de eficacia, permitieron la salud de la población y la supervivencia de una civilización muy avanzada en todos los campos de la ciencia. Pero es que, realmente, fue la ciencia misma la que permitió la existencia de estas canalizaciones. Las labores de nivelación de estos canales, muchas veces de varias decenas de kilómetros, revisten una notable dificultad, incluso para los instrumentos ópticos que modernamente hemos manejado en la técnica topográfica. Los resultados obtenidos por los romanos sólo son posibles mediante una nivelación científica rigurosa. Es obligado conocer con precisión técnicas avanzadas de topografía, así como la forma del planeta Tierra, sus dimensiones, y la influencia que éstas tienen en las nivelaciones de gran longitud (Moreno Gallo 2004). Siendo necesario conocer todo esto, es imprescindible también contar con aparatos de precisión que permitan recoger los datos altimétricos principales para el estudio y proyecto del acueducto, así como el traslado al terreno el necesario replanteo de la obra. Quienes han tenido la necesidad de replantear una acequia un poco larga saben que el trabajo es arduo y forzosamente repetitivo. Es necesario tomar los niveles en tramos cortos, avanzar con cuidado para no cometer errores y repetir el itinerario varias veces para asegurar los resultados, promediando los pequeños errores que siempre se producen.

Los conocimientos científicos necesarios para llevar a buen fin estas obras fueron heredados de civilizaciones anteriores. En el mundo griego y en parte en el egipcio existían ya conocimientos topográficos de gran utilidad para estas labores. Los propios griegos y el Helenismo construyeron ya grandes acueductos. Eratóstenes ya había determinado el radio de la Tierra con mucha precisión en el siglo III a. C. Tales, Pitágoras, Euclides, Hiparco y Herón, habían desarrollado suficientemente los cálculos trigonométricos lo suficiente como para convertirlos en una herramienta muy poderosa para las labores topográficas. Se conocía con precisión la influencia de la esfericidad de la tierra en la nivelación de las aguas, al menos desde su postulado por Arquímedes:

Quizá algún lector de las obras de Arquímedes dirá que no se puede hacer una nivelación fiable por medio del agua, porque Arquímedes sostiene que el agua no tiene una superficie horizontal, sino que es de forma esférica y tiene su centro en el centro de la tierra (Vitr. 8.5.3).

Sin embargo, gracias a que conocían bien el radio de la tierra y el error que la esfericidad ocasiona en las visuales horizontales, las visuales largas nocturnas ayudadas de fanales podrían permitirles la determinación de los incrementos de cota con menor error que las nivelaciones iterativas clásicas, que conllevan muchos cambios de estación y la importante acumulación de errores.

La instrumentación utilizada para la nivelación de las aguas era variada. Se sabe que la Dioptra se usaba para fines de nivelación, pero, como el mismo Vitruvio nos anuncia (Vitr. 8.5.1), en las nivelaciones de precisión era utilizado el chorobate. Ambos instrumentos han sido objeto de interpretación en los últimos siglos, ya que solo unos pocos textos clásicos los describían vagamente. Tras comprobar el poco acierto



Fig. 30. Dioptra reconstruida y expuesta con frecuencia en los actos culturales de algunas poblaciones españolas.

de las reconstrucciones hasta ahora propuestas en las que resultaban aparatos totalmente ineficaces, se realizó la reconstrucción de ambos aparatos siguiendo las descripciones de los textos clásicos disponibles. Así, se comprobó que tanto la dioptra (Moreno Gallo 2006), un verdadero teodolito de la antigüedad (fig. 30), como el corobate (Moreno Gallo 2004), tenían una precisión y una eficacia admirables y en todo caso, suficiente, para su uso en los grandes retos de la obra pública que los romanos nos legaron.

La clave del error introducido por Claude Perrault en el siglo XVII (Perrault 1673), fue la interpretación de la palabra “ancones” como patas, cuando la traducción correcta es “ménsulas”, lo que dio como resultado una mesa inservible para las labores de nivelación. Sin embargo, otros autores que habían dibujado ya el chorobate en sus traducciones de Vitruvio del siglo XVI, describieron el chorobate más acertadamente con ménsulas en sus extremos. Mientras, las pruebas a las que hemos sometido al chorobate en directa competencia con el nivel moderno dotado de óptica, han dado como resultado una precisión comparable entre ambos y por tanto adecuada para las más difíciles de las nivelaciones como las que hemos mencionado (fig. 31).

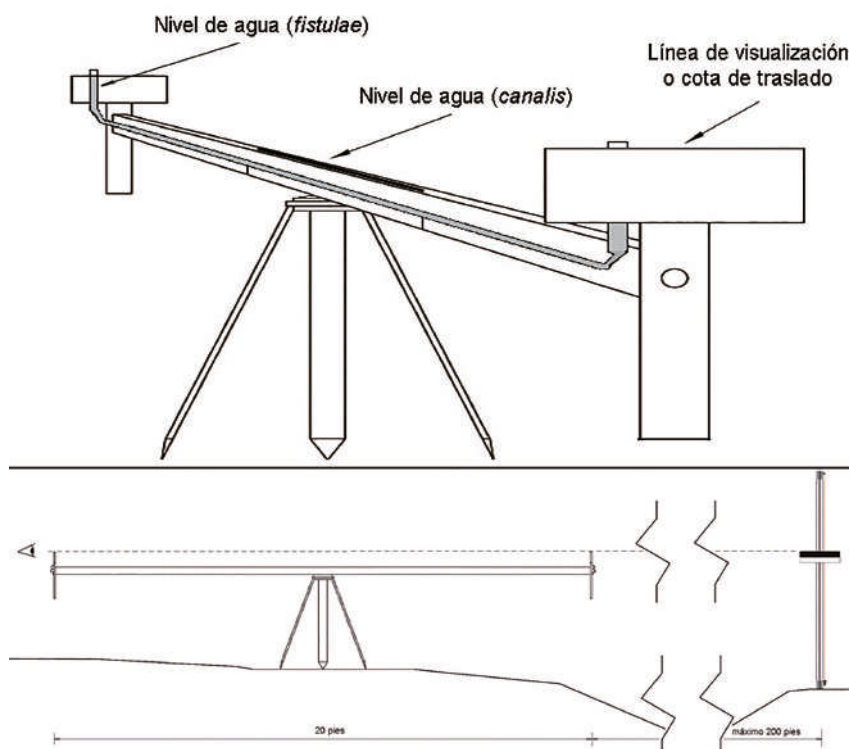


Fig. 31. Esquema de funcionamiento del chorobate descrito por Vitruvio, reconstruido, ensayado y patentado en 2004. “El chorobate es una regla recta de aproximadamente veinte pies de largo (unos 5,92 m). En los extremos posee unas ménsulas que se corresponden con exactitud, poseen la misma medida y están fijadas en los extremos de la regla formando un ángulo recto” (Vitr. 8.5.1).

El replanteo en los túneles de los acueductos era introducido por las bocas y por los propios pozos de registro que servían para su excavación. Desde allí se trazaban las alineaciones en ambos sentidos hasta encontrarse con las que procedían de los pozos contiguos. Las alineaciones de las galerías debían encontrarse en los puntos intermedios entre pozos y, aunque hubiese alguna desviación en el trazado en planta, no debía permitirse ninguna en el trazado en alzado. El nivel del fondo del canal era fundamental para el correcto funcionamiento del mismo. Del examen de las galerías que conocemos, es fácil deducir que las desviaciones en el trazado en planta eran muy frecuentes. No se cuidaba demasiado la alineación en planta del túnel, porque se sabía perfectamente que era un asunto prácticamente irrelevante para el correcto funcionamiento del canal. Algunos autores han estudiado este fenómeno (Grewe 1998) que normalmente ha sido imputado a errores topográficos, asunto que no se sostiene conociendo la excelencia de la técnica topográfica romana. Así, puede observarse que los túneles de las canalizaciones mineras en las explotaciones auríferas del noroeste peninsular son excavados evitando las durísimas cuarcitas imposibles de romper a pico. La búsqueda de la roca blanda o fácil de romper es una constante en la excavación de galerías en la antigüedad. Conocemos largas galerías de acueductos, como el de Albarracín a Cella (Teruel), de



Fig. 32. Rectificación de trazado en una de las galerías subterráneas del acueducto de *Uxama* (Burgo de Osmá, Soria). La sección, uniformemente excavada hasta este punto, es desviada a la derecha para encontrarse con un tramo que empezó a excavarse desde la dirección contraria.

cinco kilómetros de longitud, cuya alineación entre pozos no es nunca una línea recta. Sencillamente, se sigue una trayectoria que, aunque parecería aleatoria, tiene la explicación en que la traza del túnel sigue las fracturas naturales de la roca, las diaclasas, ya que junto a estas discontinuidades la roca se rompe con mayor facilidad, resultando finalmente más rápidos y fáciles los trabajos de excavación (fig. 32).

Algunas galerías menores que la que tratamos, ocasionaron verdaderos quebraderos de cabeza a sus constructores, como en el caso del acueducto de *Saldae*, en Bejaia (Argelia) que, con tan solo 482 m de largo, necesitó la participación de un experto topógrafo llamado *Nonius Datus*, para que las galerías emprendidas desde ambos sentidos pudieran encontrarse en la parte central, hecho que quedó grabado en un cipo conmemorativo de la hazaña (*CIL VIII 2128*, Tazoult). A pesar de esta anécdota, las proezas técnicas y topográficas encontradas en los acueductos romanos conocidos son innumerables. Acueductos romanos cercanos a los 100 kilómetros de longitud existen en Colonia (Alemania) y de 132 en Cartago (Túnez); mayor de 240 km era el de Constantinopla (Estambul) (Çeçen 1996) y de 143 km uno solo de los de abastecimiento al complejo aurífero de las Médulas (León), cuya red de canales supera los 600 km; 86 km tiene el de Gier en Lyon y 70 el de Brévenne en la misma capital; los de Pérgamo (Turquía), Arles y Nîmes (Francia), rondan los 50 km; los de Cherchel (Argelia), Reims y Béziers (Francia), están entre los 40 y 45 km. Si la pendiente media del acueducto de Nîmes es de un increíble 0,2 por mil (20 cm de caída por cada kilómetro), la de Carhaix, en la Bretaña francesa y la de Pérgamo, son del 0,3 por mil y la de Reims del 0,5 por mil.

Los sistemas de sifones que presentan los cuatro acueductos que alimentaban *Lugdunum* (Lyon), presentan cifras increíbles. Los cuatro del acueducto del Gier suman más de 5 km de longitud, el sifón doble de Yzeron tiene cerca de 6 km. Casi 4 km suman los dos del Mont d'Or y otro tanto el único de Brévenne.

9. LAS PRESAS ROMANAS

El papel de las presas en el mundo romano tampoco está suficientemente clarificado hoy. Las últimas investigaciones parecen evidenciar que el almacenamiento de agua no era para el consumo humano, por lo que estas estructuras tendrán sentido para su uso en la agricultura, en los regadíos de grandes extensiones. Las grandes parcelaciones agrícolas del mundo romano ocupaban terrenos llanos y perfectamente regables, muchos de los cuales aún hoy cumplen con esa misión. La huella de las grandes parcelaciones romanas, las centuriaciones conocidas en el valle del Ebro, como las de *Caesaraugusta* (Zaragoza) (Ariño Gil 1990), *Cascantum* (Cascante), *Graccurris* (Alfaro) y *Calagurris* (Calahorra) (Ariño Gil, 1986), ocuparon los mismos terrenos que hoy se riegan con canales modernos. En toda esta área existen presas de pequeñas dimensiones de época indeterminada y balsas antiguas ya colmatadas. A pesar de la visión, más romántica que científica, que pretende asignar al mundo romano muchas de estas estructuras, la mayoría son vestigios de estructuras mucho más modernas. Las grandes extensiones regables de *Narbo Martius* (Narbona), *Arausio* (Orange), *Arelates* (Arles) y *Nemausus* (Nîmes), junto al Ródano, tienen su origen en el mundo romano. Tanto en estos casos, como en los apuntados anteriormente en España, simples derivaciones de caudales del río Ebro y Ródano, respectivamente, o de sus afluentes, serían suficientes para dotar de caudales de riego al sistema de acequias resultante. La irrigación supuso un aumento espectacular de la riqueza agrícola y la posibilidad de producir en grandes cantidades especies alimentarias de gran valor, las variedades hortofrutícolas del momento. El mercado generado a partir de estas producciones creó zonas de enorme riqueza donde antes apenas sobrevivía una menguada población indígena.

En España, las presas claramente romanas, como ocurre con las otras estructuras de esta época, son muy escasas, mucho más escasas que las que se suponen como tales. La literatura existente al efecto, como también ocurre con otras estructuras, data como romanas casi todas las presas antiguas sin documentación o cuyo origen no ha sido probado en una época determinada. A veces se recogen un gran número de presas supuestamente romanas, incluso a riesgo de excluir las que sí que lo son (Díez-Cascón Sagrado – Bueno Hernández 2003). Si, a falta de otra documentación, entendemos como romanas aquellas que se ajustan en su fábrica a los procedimientos constructivos demostrados para esa época, aquellas cuyas características técnicas apuntan claramente a la intervención del ingeniero, en cuanto a su diseño adecuado al soporte de las solicitaciones a las que se ven sometidas, nos encontraremos que apenas tres o cuatro pueden considerarse como tales.

9.1. TIPOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PRESAS ROMANAS

De entre las presas verdaderamente romanas conocidas en España, solo podemos ocuparnos por su certeza de esta datación de la de Almonacid de la Cuba (Zaragoza), de la de Muel (Zaragoza) y de la de Mues (Navarra).

La romanidad de Proserpina y Cornalvo, en Mérida, ha sido ya cuestionada con criterios bien fundamentados (Feijoo Martínez 2005). Otras muchas que hoy se consideran romanas en España no reúnen carac-

ISAAC MORENO GALLO



Fig. 33. Vista desde aguas debajo de la presa de Almonacid de la Cuba (Zaragoza), dispuesta aprovechando el encajonamiento del río Aguasvivas.

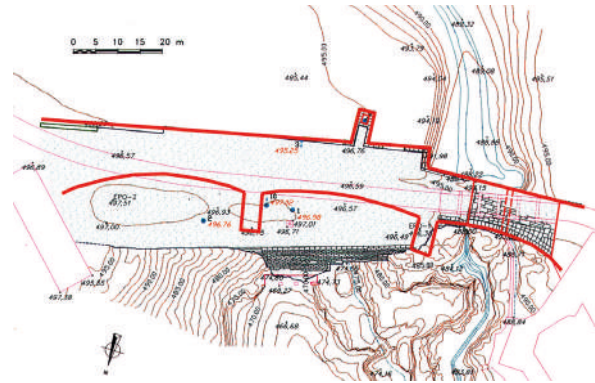


Fig. 34. Planta general de la presa (dibujo de Arenillas *et al.* 1996). En rojo, la planta de la presa romana con detalle del aliviadero, a la derecha.



Fig. 35. Parte de la fábrica del aliviadero, en el paramento de aguas abajo. Vestigio de la presa más antigua, con clara tipología de fábrica romana. El almohadillado y el encaje de los sillares, se corresponden con el modo constructivo romano. La parte de la bóveda del arco (el ojo de la cuba) es una reconstrucción posterior.

terísticas estructurales ni datos suficientes para considerarse romanas. Los propios argumentos de algunos de los autores que defienden pertinazmente la finalidad de las presas romanas para el abastecimiento de agua de boca (Aranda Gutiérrez *et al.* 2003) se retroalimentan en investigaciones ya superadas (Castillo Barranco – Arenillas Parra 2002), insistiendo en que “Los estudios más actualizados que conocemos sobre el tema, señalan la existencia de 73 presas o azudes de origen romano en territorio español”. Hay que pensar por tanto que, otras muchas presas antiguas del orbe mediterráneo que se hacen pasar por romanas, estarán adoleciendo del mismo problema identificativo.

El caso de la presa de Almonacid de la Cuba (Zaragoza), con una capacidad de embalse de seis millones de metros cúbicos y una pared de cierre de treinta metros de altura, se calcula que regaba más de siete mil hectáreas. Sobre esta presa ya se realizó un estudio completo, tanto desde el punto de vista técnico constructivo, como del arqueológico (Arenillas Parra *et al.* 1996). Sus resultados, muy interesantes en muchos aspectos, revelaron la existencia de una presa anterior a la que puede observarse hoy, que quedó embutida en su interior. Ambas parecen ser de tipología muy diferente. La primera es una presa de arcos múltiples y contrafuertes, que quedó embebida en la última. El aliviadero actual, es parte de esta primera presa y forma uno de sus arcos. La toma de agua es un elemento común a ambas. Sin embargo, un examen técnico-constructivo delata una sillería claramente romana en el aliviadero y en los paramentos que se excavaron en su día aguas arriba. Todos ellos son elementos asignables a la primera presa. En esas fábricas se observan sistemáticamente sillares almohadillados, bien escuadrados y unidos perfectamente a hueso, grapados con grapas en forma de doble cola de milano y otras características bien definidas ya como plenamente romanas (Durán Fuentes 2005). La última presa, que envuelve a la primera, es de sección trapezoidal, con faldones escalonados en ambos paramentos que refuerzan la estructura final. En esta última presa, que constituye el mayor volumen de fábrica vista, no se observan elementos identificatorios de las fábricas romanas (figs. 33-35). Es una obra claramente posterior, impropia de la construcción romana. Formadas por calicantos de imposible datación y sillares escuadrados sin una modulación asignable al mundo romano, unidos con argamasa, con ausencia de almohadillados, grapas, o cualquier otro elemento que pueda caracterizarla constructivamente como romana. Existen varias noticias de reconstrucciones en esta presa, documentándose bien una de ellas en época de Jaime I, pero, probablemente, la fábrica que hoy se observa sea incluso de épocas posteriores.

La presa de Muel (Zaragoza), ha sido largo tiempo candidata al abastecimiento de *Caesaraugusta* entre la generalidad de los investigadores (Arenillas Parra – Castillo Barranco 2003). Incluso se ha descrito como canal de derivación una galería excavada una veintena de metros sobre la cota de embalse de la presa (Arenillas Parra 2002), cuyo destino se conoce perfectamente en salto eléctrico del siglo XX, sin relación con la presa romana ni con el mundo romano. Lo más probable es que este embalse se limitara al riego de una amplia extensión de la vega del río Huerva, al servicio de la producción agraria de las ciudades de *Contrebia Belaisca* (Botorríta) y de la propia *Caesaraugusta*. Esta presa tiene una estructura singular. Los forros exteriores del cuerpo de presa presentan una sillería bien modulada, de gran tamaño y juntas perfectamente unidas. Se constatan sillares perfectamente cúbicos de 2 x 2 x 2 pies, junto con otros prismáticos de 2 x 2 x 4 pies. En este forro las juntas en soga y tizón son cerradas y bien ajustadas en la capa de sillares exterior del forro. Los paramentos interiores tienen las juntas verticales abiertas hasta medio pie para ser selladas posteriormente con el hormigón de calicanto del núcleo (figs. 36/37).

Recientemente se ha encontrado de modo fortuito otra presa claramente romana en Mues (Navarra). La tipología constructiva de su fábrica no deja lugar a dudas. Un paramento aguas arriba de *opus quadratum* almohadillado de sillares a hueso, un núcleo de hormigón de extraordinaria calidad, tanto en áridos como en el mortero de cal conglomerante y un espaldón de hormigón ciclópeo para contrarrestar los empujes (fig. 38). Un diseño de presa técnicamente impecable, con unos materiales constructivos de calidad e im-



Fig. 36. Vista general del paramento de aguas debajo de la presa de Muel. La parte superior conserva los sillares del forro exterior a hueso con las juntas verticales cerradas. La inferior ha perdido el revestimiento exterior y se observan las juntas verticales abiertas que quedaron rellenas con el hormigón del núcleo de la presa.



Fig. 37. Vista superior del cuerpo de la presa de Muel, donde se observa el núcleo de sillares aglomerados con hormigón de calicanto y el forro exterior de aguas arriba con las juntas cerradas y a hueso.



Fig. 38. Presa romana de Mues.

portados de canteras de cierta distancia, constatan una planificación propia de ingenieros. Probablemente se deriva de ella un canal por la margen izquierda del río Odrón, aún pendiente de encontrar, que regaría extensos campos en el entorno de la ciudad de Los Arcos.

De entre los varios tipos de presas que se han construido a lo largo de la historia —presas de gravedad en fábrica, en hormigón, combinadas de ambos tipos, de materiales sueltos, presas de arco, etc.— no podemos certificar la romanidad de casi ninguna. También tenemos noticias de la existencia de una presa de arco en Glanum (Saint-Rémy de Provence, Francia) que fue sustituida por otra en el siglo XIX. Las huellas en la

roca donde se encastraban los sillares parecen confirmarlo así (Agusta-Boularot – Paillet 1997). Poca prueba sin embargo para una datación segura. A pesar de que algunas otras se pensaban romanas al ser de arcos, como la de Esparragalejo (Badajoz), realmente su mala factura debe inclinarnos a no considerarla como tal. Probablemente haya habido muchas presas romanas abovedadas. Es una tipología que soporta muy bien los empujes y son estructuras perfectamente adecuadas para la contención del agua. Pero hoy únicamente podemos certificar un número exiguo de ellas en todo el orbe romano (Chanson – James 2002).

10. PARADIGMAS Y REALIDADES

Los sistemas de abastecimiento de aguas romanos son unos perfectos desconocidos en su generalidad. Sólo algunos datos han podido averiguarse de unos pocos de ellos, aunque la tentación de completar el resto de las incógnitas que los acompañan, ha excitado en exceso la imaginación de no pocos investigadores. De esta forma, hoy son más numerosas las dudas que las certezas de asignación al mundo romano de muchas de las estructuras hidráulicas antiguas, como también ocurre con las calzadas, los puentes y otras obras públicas que se sabe que practicaron los romanos y que, a veces por eso y sin mayores fundamentos, se toma por romano todo lo antiguo de piedra cuya procedencia se desconoce.

A ello han contribuido no poco las extensas relaciones publicadas sobre acueductos romanos, donde la gran mayoría de los recogidos no lo son (Fernández Casado 1972), como tampoco son romanos la mayoría de los puentes recogidos en ellas (Fernández Casado 1980), ni la mayoría de las presas (Castillo Barraco – Arenillas Parra 2002; Fernández Casado, 1961), etc.

10.1. CAPTACIONES INVEROSÍMILES

Existen muchísimos casos en los que las captaciones han sido mal identificadas o supuestas en orígenes desde los que los romanos nunca se hubieran servido, alimentando con ello las teorías que apuntaban a que cualquier río, presa, almacenamiento del agua de lluvia, u otra procedencia inverosímil, serviría para el abastecimiento de agua de boca. Evidentemente, estos orígenes se han ido inventando ante la incapacidad de encontrar el acueducto, no ya totalmente sino en la mayoría de casos ni el más mínimo rastro de él. Dado el elevadísimo número de casos pintorescos que recoge la bibliografía arqueológica por todo el Mediterráneo, se expondrán sólo unos pocos.

10.1.1. BEBER DE LA LLUVIA

La ciudad romana de *BILBILIS* es un caso paradigmático del grado de desconocimiento de los abastecimientos de agua a las poblaciones romanas. Cuenta con un numeroso y complejo sistema de depósitos de distribución situados en la colina exenta en la que se construyó la ciudad. Muestra claras evidencias de un consumo elevado de agua, por la existencia de varias piscinas públicas en su zona más alta, precisamente fuera del alcance de casi todos estos depósitos. Es evidente que existió un aporte abundante de



Fig. 39. Interior del depósito de entrada del último sifón de *Bilbilis*, situado sobre la Peña de la Mora, a un kilómetro al norte de la ciudad romana.

agua exterior, en este caso mediante tubería, a partir de un manantial procedente de las sierras cercanas. A pesar de que los depósitos están instalados en las crestas de la colina, lugares con cuenca de recepción nula, y que la zona cuenta con una precipitación de 300 mm/año, se ha insistido siempre, sin ningún tipo de rubor, en que el abastecimiento de *Bilbilis* se realizaba mediante el agua de lluvia almacenada en estos depósitos (Martín Bueno 1975). Hoy, gracias a las noticias que nos facilitó el vecino de Calatayud, José Juan Hernando, sabemos ya de la existencia de al menos otro depósito sobre una colina lejana, situado siete metros más alto en cota que el más elevado de la propia colina de *Bilbilis* (fig. 39). Se confirma por tanto un sistema de sifones que abastecían a la ciudad desde el exterior y se abre una nueva línea de investigación que nunca se había seguido.

No son exclusivas de España estas teorías extravagantes en las que se hace beber toda una ciudad del agua de lluvia. La enorme ciudad de *TERMESSOS*, a 35 km al norte de Antalya (Turquía) se desarrolla en una gran colina exenta entre el mar y la cordillera de los montes Tauro. Justo en su punto más alto cuenta con un enorme decantador de tres cámaras con cúpula semiesférica, pero con nulas posibilidades de recogida de escorrentías de agua (fig. 40). También en la zona alta, tiene dos complejos termales de grandes dimensiones y multitud de edificios de excelente arquitectura helenística. Sin embargo, Kürkçü (2012, 451) sostiene que:

Como no hay una fuente de agua dentro del sitio, las personas en Termessos, utilizaron el agua de lluvia almacenada en cisternas para obtener sus necesidades vitales (...), su estructura topográfica evita llevar agua al sitio desde el exterior.

Lo que equivale a decir “no sé cómo vendría el agua hasta aquí, luego beberían de la lluvia”, constante que se repite en todos los abastecimientos confiados a los dioses de la lluvia. Por supuesto, nadie buscará un sifón mientras se dé por resuelto el abastecimiento con tan peregrina idea.



Fig. 40. Interior de una de las cámaras del gran decantador de *Termessos*.



Fig. 41. Uno de los potentes manantiales de La Joyosa (Zaragoza), hoy infrautilizados a pesar de su caudal, de los que se captó agua para *Caesaraugusta*.

10.1.2. BEBER DE LOS RÍOS

Otro de los lugares más socorridos para resolver el lugar de captación de los abastecimientos de agua romanos son los ríos y, esto, al margen de que su curso no sea inicial, ni de agua de calidad. Normalmente, el recurso dura lo que dura el hallazgo de la verdadera fuente de captación.

En *CAESARAUGUSTA*, la actual Zaragoza, desde hace años se había asumido que el río Gállego se derivaba a escasos 20 km de la capital para suministrar de agua a la población romana (González Tascón 1994). Sin embargo, a menor distancia todavía, se encuentran los potentísimos manantiales que abastecieron a la ciudad romana, de los que se ha tenido noticias documentales de su uso por los romanos, gracias al matemático Josef Costa en el siglo XVII, en un informe en el que propone retomar las captaciones romanas para el abastecimiento de Zaragoza (Blázquez 2005, 20 ss). Estas fuentes de la Joyosa, por su potencia, calidad, cota y distancia, no solo sirvieron de abastecimiento a la ciudad romana, sino que condicionaron decisivamente el lugar de su fundación (fig. 41). Puede decirse hoy que, Zaragoza, está donde está, porque estos manantiales están donde están.

Debajo de la pequeña población de CELLA (Teruel) está el yacimiento de la ciudad que se suministró con el espectacular acueducto que, desde los manantiales de Albarracín, traía sus aguas (Moreno Gallo 2010). Hasta hace no mucho, ignorando la existencia de estos manantiales a la cota adecuada para el suministro de este acueducto, se defendía la captación directa del incipiente y de escaso caudal río Guadalaviar (Almagro Gorbea 2002).

10.1.3. BEBER DE LOS CHARCOS

No se exagera cuando se dice que beber de un embalse es beber de un charco. La calidad del agua sin tratar, a efectos sanitarios humanos, no difiere mucho. Que los romanos bebían el agua embalsada ha sido, y es, defendido de forma universal por la investigación del mundo antiguo. En los últimos años se han aportado razonamientos que indican que, ni empleaban este recurso ni necesitaban hacerlo. Tenían la tecnología suficiente para traer el agua hasta las ciudades desde las mejores fuentes, estuvieran lo lejos que estuvieran, y lo hacían. Evidentemente, encontrar las fuentes, la tubería siempre saqueada, o la canalización oculta, es mucho más difícil que asignar el origen del acueducto a la primera presa antigua que se encuentre en la zona. Bienvenida sea entonces la sabiduría de quien rectifica en favor del conocimiento científico.

El caso es que por todo el Mediterráneo se encuentran presas muy antiguas, de origen desconocido muchas de ellas y perfectas candidatas para pasar a ser romanas. Demostrar que estas estructuras no son romanas es el proceso contrario al llamado método científico, donde es necesario demostrar lo que se afirma. Y sin embargo no es óbice ni cortapisa para que miles de estructuras de piedra antiguas de todo tipo sean consideradas romanas y, paradójicamente, en supuestos textos científicos.



Fig. 42. Vista general de la presa de Harbaqa (Siria). Foto: M. Durán.

Algunas de estas presas tienen dimensiones enormes, cosa que las hace más “romanas” aún. En Siria, la presa de *HARBAQA* con sus 365 m de largo y 8 m de alto, hacen de ella una obra impresionante (fig. 42). Con todo su baso colmatado, en esta presa el forro de sillares exterior ha desaparecido en buena parte, sobre todo en su mitad inferior, como ocurre también en la presa de Muel. En Harbaqa quedan al descubierto las propias tongadas del hormigón del núcleo, mientras que en Muel son los sillares del núcleo los que quedan vistos. En la presa de Harbaqa, sin embargo, no existen elementos constructivos característicos de las fábricas romanas, a pesar de la espectacularidad de la obra. Culturas posteriores, como la Omeya, podrían haber sido, perfectamente, los artífices de esta presa.

En España, las presas del entorno de Mérida consideradas como romanas desde hace mucho tiempo por la generalidad de los autores que las han estudiado, presentan fábricas sin embargo impropias de esa civilización. Recientes estudios bien fundamentados (Feijoo Martínez 2006), demuestran que la parte inferior de la obra de la presa de *PROSERPINA* es claramente medieval, por lo que el resto será forzosamente más moderno (figs. 43/44). Esta presa no suministró al acueducto llamado de los Milagros, ni al agua de boca de *Emerita Augusta* por ningún otro medio. Sus enormes dimensiones, de 426 m de largo por 21,6 de altura, la hacen muy espectacular y, en efecto, existen fábricas almohadilladas que, aunque son característica de las romanas, también han sido reproducidas con profusión en los siglos de la Ilustración.

La presa de *CORNALVO*, otra candidata a la romanidad desde siempre, parece que finalmente es enteramente moderna y tampoco sirvió para el agua potable de la ciudad romana. La torre de toma ha sido identificada tradicionalmente como fábrica romana, pero, su aislamiento singular del resto de la presa y su muy dudosa función como torre de toma, debe ponerla en cuarentena respecto a la presa. Los canales de acometida,



Fig. 43. Paramento de aguas arriba de la presa de Proserpina. En él, se distinguen fábricas muy diferentes, peores y menos "romanas" cuanto más abajo. Foto: Tomás Porro.

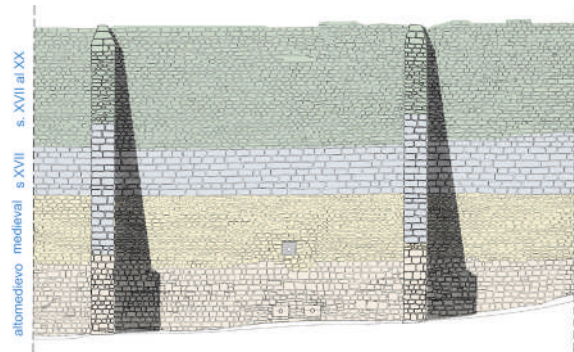


Fig. 44. Interpretación cronológica fundamentada en la tipología de las distintas fábricas de la presa de Proserpina, realizada por Feijoo Martínez (2006), sobre el plano procedente del estudio fotogramétrico realizado por la Confederación Hidrográfica del Guadiana.



Fig. 45. Paramento de sillares regulares, bien dispuestos, pero rípidos con cantos menudos, formando el encofrado de las tongadas de hormigón de cal, en la presa de Alcantarilla. No es una fábrica del tipo romano y, además, contrasta con la irregularidad de los sillares de otras partes de la presa. Foto: C. Blázquez.



Fig. 46. Parte de los paramentos constructivamente más pobres de la presa de Alcantarilla. Foto: C. Blázquez.

realizados en el propio terreno para conducir el agua hasta estas presas, presentan fábricas de muy mala factura, impropias, aún más si cabe, de la construcción romana.

La construcción de presas en el mundo islámico está bien comprobada en Oriente medio y sin duda, durante la presencia en España de esa civilización, se realizaron obras de este tipo. Muchas de las presas del sur de España tienen su origen en los regadíos musulmanes y probablemente, las de Mérida, también.



Fig. 47. Vista de la pobre fábrica, mal escuadrada y mal nivelada, de la presa llamada Pared de los Moros, en Muniesa (Teruel). Foto: C. Blázquez.

La presa de ALCANTARILLA en Mazarambroz (Toledo), ha sido considerada como “indudablemente” romana por todos los autores que la han tratado. Varios estudios la incluyen en el sistema de abastecimiento de agua a *Toletum* (Aranda Gutiérrez *et al.* 1997; Arenillas Parra – Barahona Oviedo 2009). Sus grandes dimensiones de nuevo ayudan a su candidatura, unos 600 m de longitud por 20 m de altura máxima. Está diseñada con un alzado trapecial, una pantalla central impermeabilizante y un espaldón en tierras. Sus fábricas son muy heterogéneas, algunas muy irregulares y hasta de mala calidad, otras con sillares bien escuadrados en hiladas encofrando las tongadas de hormigón. Se constata la presencia constante de ripios, infrecuentes e impropios de las fábricas romanas (figs. 46/47). La relación con cualquier conducción hacia el Toledo romano, no está demostrada en absoluto. Se trata de una obra de ingeniería sin documentación, de gran tamaño, espectacular y de mucho coste, pero nada de esto la hace romana. El canal que de ella se deriva, es llamado “de Juanelo” por los lugareños. Interesante indicio que podría apuntar a su probable origen renacentista con autoría en el propio Juanelo Turriano.

En el río AGUASVIVAS (Teruel), existen otras presas, menores que la de Almonacid, que también han sido consideradas romanas (Hereza Domínguez *et al.* 1996). Tal es el caso de la situada en término municipal de Muniesa (Teruel), llamada la Pared de los Moros, con 68 m de longitud y 8,5 m de altura (fig. 47). Las grandes dimensiones de este paredón de calicanto forrado de piedra la hacen una buena representante de las obras hidráulicas históricas. Pero su fábrica difiere radicalmente de la que debería ser de tipología constructiva romana. También impresiona en la cuenca del mismo río, por sus dimensiones, la presa de la Ermita de la Virgen del Pilar, con 80 m de longitud y 16,7 m de altura. Hundida y rota por la evidente mediocridad de su técnica constructiva, impropia de ingenieros en todo caso. La ausencia



Fig. 48. Vista general del paredón de mal hormigón, que forma la presa de Consuegra en los tramos extremos. Tramo sin contrafuertes.



Fig. 49. Presa de Consuegra, formada de un hormigón de tamaños grandes y pobre en cal. Tramo con contrafuertes.

de documentación que avale el momento constructivo de estas estructuras ha sido la clave hasta ahora para su asignación al mundo romano. Pero lo más probable es que sólo sean los restos de aquellas inversiones interesadas durante la edad media y moderna, en mejorar la producción agrícola de la cuenca regable del río Aguasvivas.

Entre el gran número de presas que se suponen romanas en España, algunas destacan precisamente por su mediocridad estructural. Su técnica constructiva es impropia de técnicos competentes o, al menos, puede decirse que carecen en su concepción de la ciencia de la ingeniería. Sin embargo, el análisis de las muchas obras ciertas de ingeniería de la civilización romana nos obliga, hoy en día, a pensar en la participación de verdaderos científicos de la construcción. Ninguna obra pública concebida y diseñada por empleados al servicio del Estado Romano, ingenieros, en definitiva, debe de carecer de los elementos básicos de la avanzada técnica constructiva romana. Por lo tanto, ante la presencia de obras de una pobre técnica constructiva, de fábricas con sillares carentes de geometría, innecesariamente irregulares, piezas mal trabadas, estructuras de aspecto poco sólido, mal cimentadas, mal niveladas, etc., será necesario concluir que la incompetencia de sus constructores no tiene cabida entre los ingenieros romanos. Y precisamente algunas de las presas propuestas como romanas por muchos de los autores que las han estudiado, no resisten un mínimo análisis a estos efectos. Una de estas obras es la presa de CONSUEGRA (Toledo). Se trata en la mayor parte de su longitud de un simple paredón alineado, sin cimentación, cuya función resistente como muro de contención de aguas debe ser puesto en duda tras un análisis estructural serio. En la parte central dispone de contrafuertes, pero no así en el resto, a pesar de que su altura no difiere demasiado a lo largo de todo el cierre. En estas partes laterales su sección es rectangular, igual de ancha arriba que abajo, aunque relativamente esbelta. Una mala presa de gravedad en su concepción, sin ninguna duda. Su fábrica, es de hormigón de cal con piedras muy irregulares y pobremente cementadas. Es una presa fea de aspecto, mala en su fábrica y de diseño manifiestamente mejorable (figs 49/50). Como evidencia de la mala concepción de la obra desde el inicio, fracasó al poco de ser puesta en servicio, ya que el vaso carece de colmatación.



Fig. 50. Cisterna romana de hormigón próxima a la ciudad de *Andelo*, ampliada probablemente como abrevadero, con una pared de contrafuertes de mala factura, en épocas más recientes.



Fig. 51. Detalle del *opus signinum*, revistiendo las tongadas de hormigón de áridos de calidad, pertenecientes a una cisterna antigua e integrados en la balsa próxima a *Andelo*.

En las proximidades de Mérida, se conocen presas de cierto porte, pero de fábrica tan deficiente e irregular como las que más. Los casos de Esparragalejo y Araya son los más significativos. ESPARRAGALEJO está reconstruida en 1959 y con ello enmascara en parte la obra original. Existen fotografías anteriores a la reconstrucción, que nos muestran una obra de mala factura, aunque de grandes dimensiones. Su muro de contrafuertes con abovedado entre ellos, alcanza los 320 m de longitud y los 3,6 m de altura máxima. Este tipo de estructuras que son de calicanto, hormigón de cualquier época, intemporales en su técnica constructiva, imposibles de datar con precisión y de mala factura en todo caso, son impropias de cualquier fábrica ciertamente romana. Escudarse como es frecuente en el manido cajón de sastre llamado *opus incertum*, no aminora la incertidumbre de su romanidad, en absoluto.

ARAYA es una presa muy próxima a Esparragalejo, de tipología similar a la anterior, aunque de dimensiones menores. Un muro con contrafuertes de unos dos metros de espesor, con pantalla central de hormigón de apenas medio metro de espesor y, en este caso, sin paramento abovedado. Se encuentra sin reconstruir y con ello delata mejor lo manifestado anteriormente para su hermana mayor.

El sistema hidráulico de la ciudad de *ANDELO* (Mendigorría, Navarra), ha sido promocionado desde hace décadas como el abastecimiento romano de agua de boca a aquella ciudad (Mezquíriz Irujo 2004). La literatura existente data todo el conjunto como romano por la simple proximidad a la ciudad romana, pero la técnica constructiva de sus elementos y las pruebas hasta hoy acumuladas, parecen indicar lo contrario. En la balsa próxima a *Andelo*, algunos elementos de obras romanas han sido aprovechados, pero la mayor parte de la obra que se ve y se tiene por romana difiere de cualquier técnica constructiva en sillería romana, además de ser de pésima calidad en su conjunto. Los muros en contacto con el agua tienen contrafuertes hacia el interior y parecen un refuerzo de los de hormigón de cal (fig. 50). En esta balsa se observa claramente el recubrimiento de mortero impermeabilizante romano (*opus signinum*), en contacto con un muro de buen hormigón, procedente probablemente de un decantador romano roto



Fig. 52. Muro de hormigón con grandes contrafuertes, en la presa situada a tres kilómetros al occidente de *Andelo*. En el paramento de aguas arriba se construyó un muro de sillería irregular separado por arcilla del primero.



Fig. 53. Presa con doble muro a tres kilómetros al occidente de *Andelo*. Uno formado de hormigón de cantos gruesos y el otro de sillería irregular con contrafuertes.

para ampliarlo y construir esta balsa (fig. 51). En las tongadas de este hormigón de excelente calidad se observa un árido duro de granulometría uniforme y traído desde muy lejos, que en absoluto está presente en las malas fábricas que le rodean ni en los otros hormigones modernos de mala calidad, como el de la presa (fig. 52). El resto de la obra que completa la balsa se corresponde con fábricas de sillarejo de muy mala factura, propias del medioevo o épocas posteriores. En la presa situada a unos tres kilómetros de *Andelo*, también se observa un muro de sillarejos de mala factura, igual que el de la balsa, que complementa aguas arriba a otro muro de grandes contrafuertes de hormigón de cal de muy mala factura y geometría (fig. 53). Entre ambos, parece que se dispuso de una pantalla de tierras impermeables, tal vez arcillas, que ha desaparecido con la excavación arqueológica practicada en su momento (Mezquíriz Irujo – Unzu Urmeneta 1988).

Recientemente se han hecho algunos descubrimientos. Un canalillo que parte de la presa situada 3 km arriba de la balsa, del que sin embargo no se ha logrado determinar cuál sería su destino final (Labé Valenzuela *et al.* 2017). Se han encontrado algunas tejas de pasta blanca para cubrimiento de este minúsculo canalillo (15 x 18 cm) cuyo análisis por termoluminiscencia podría haber datado la obra perfectamente, igual que algunos fragmentos cerámicos encastrados en el hormigón de la presa. Pero no se han hecho, prefiriéndose datarlo todo como “romano” con las mismas pruebas con las que ya son “romanas” el resto de las fábricas excavadas hace decenios, o sea, con ninguna.

En la ortofoto del Vuelo Ruiz de Alda de 1927 se observan algunos datos de interés para este caso. En la propia traza de este canalillo se ven dos construcciones, tal vez balsas, que perfectamente podrían ser el destino del agua de este canal. En el entorno de una de ellas, cuyos restos aún permanecen, se ven tejas blancas como las que cubrían el canalillo y, sus muros, como todos los que hemos tratado, son impropios de una obra romana. En la misma ortofoto se observa el vaso de la presa aún sin cultivar, como si su uso

hubiera decaído recientemente y, finalmente, la balsa junto a *Andelo* que venimos tratando, se ve aún con indicios de almacenar agua.

Gracias al análisis con herramientas SIG y el modelo de elevaciones LIDAR, en 2019 Feijoo Martínez y Moreno Gallo encontraron una canalización entre la fuente de Maringortea y la balsa de *Andelo*. Consiste en una tubería de cerámica de 8 cm de diámetro con arquetas de registro cada 55 m, a una cota perfecta para suministrar a la balsa de *Andelo*, entre otros destinos. Se trata de una conducción que podría haber pasado por romana por su técnica y tipología, pero, ahora sí, realizado un ensayo de termoluminiscencia en el laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid, en abril de 2019, arroja como resultado una fecha en torno a mediados del siglo XIX. Todo empieza a tener sentido y, a falta de los ensayos de termoluminiscencia que deberían haberse hecho en los otros elementos desde hace mucho tiempo, se puede apostar por un aprovechamiento ganadero muy moderno (abrevaderos) en torno a la antigua ciudad romana de *Andelo*, probablemente promocionado por el duque de Granada de Ega, señor de Muruzabal de Andión, a la sazón el señor del lugar en el siglo XIX.

Las presas de SANTA MARÍA DE MELQUE, en la Puebla de Montalbán (Toledo), se viene asignando al mundo visigodo por estar situada junto a restos de esta época (Caballero Zoreda – Fernández Mier 1999). Se trata de un conjunto de pequeñas presas de hormigón de tamaños de áridos muy irregulares y muy pobre en cal. Con anterioridad, se había preferido que fueran romanas (Fernández Ordoñez *et al.* 1984).

Finalmente, encontramos algunos casos casi surrealistas, como el del pequeño muro de contención del terreno que ha sido considerado como presa romana por la simple proximidad a un yacimiento romano, el de LOS BAÑALES (Uncastillo, Zaragoza). Este murete de pésima factura, que no tendrá muchos años, está constituido por bloques irregulares, paradójicamente más pequeños en los niveles inferiores, y apoyados en el terreno en hiladas sin ningún tipo de nivelación, ni siquiera en coronación (figs 54/55). El supuesto vaso colmatado está en pendiente y la cuenca de recepción es mínima. Este tipo de estructura no puede ser funcional como presa, ningún técnico competente habría acometido semejante obra con el objetivo de retener el agua y, sin embargo, los arqueólogos que la han estudiado han querido que así sea (Andreu Pintado – Armendáriz Martija 2011).

Un último encharcamiento singular que trataremos aquí, del que se empeñan en abastecer a una gran ciudad romana, es el que de forma natural se forma en una cavidad kárstica en el subsuelo del castro de *CLUNA*. La cavidad se recarga lenta e irregularmente con la propia escorrentía del castro formando un acuífero colgado y, desde que se descubrió que está registrada con pozos desde la antigüedad, se ha considerado la fuente del abastecimiento de esta capital de convento jurídico (Palol i Salellas 1994; Iglesia Santamaría – Tuset Bertrán 2012). Existen muchos motivos que acreditan lo absurdo e improbable de que esto sea así. Algunos de ellos serían:



Fig. 54. Muro de contención que se hace pasar por presa romana en Los Bañales (Uncastillo-Zaragoza), a pesar de estar constituido por bloques irregulares, más pequeños en los niveles inferiores y apoyados en el terreno en hiladas sin ningún tipo de nivelación.



Fig. 55. Arriba, modelo de elevación LIDAR donde se ve el desnivel de la finca donde está la supuesta presa (fecha en rojo) y los antiguos muros que la dividían para hacerla cultivable. Abajo, ortofoto del PNOA de 2022, donde aún se ven perfectamente los muros que dividían la finca, todos idénticos a la supuesta presa, y que desaparecieron en fecha tan reciente como en 2007.

- La recarga natural del acuífero es completamente insuficiente para abastecer a ninguna ciudad de estas características, e incluso para una menor. La recarga sería nula cuando la ciudad antigua estuvo pavimentada sobre el acuífero.
- El abastecimiento por este medio requiere de la costosísima, disparatada y continua elevación de todo el caudal consumido en unos 25 m de cota. Hay que considerar que la ciudad disponía sobre el castro de al menos dos grandes complejos termales, fuentes, e innumerables *domus*.
- La calidad de este agua encharcada no es aceptable para el consumo humano y menos si con las operaciones de elevación se remueven los fangos depositados en el fondo.
- El acuífero fue drenado intencionadamente por los romanos para evitar su recarga, al menos por uno de los cunículos excavados hacia el exterior, junto a Peñalba, llamado la cueva Román. Los propios encharcamientos del karst se comunican entre sí con canales antrópicos para facilitar el desagüe. En época romana, la principal recarga procedía de las filtraciones de los puntos de mayor consumo de agua y de la propia evacuación por el alcantarillado.

ABASTECIMIENTOS DE AGUAS ROMANOS. PARADIGMAS Y REALIDADES

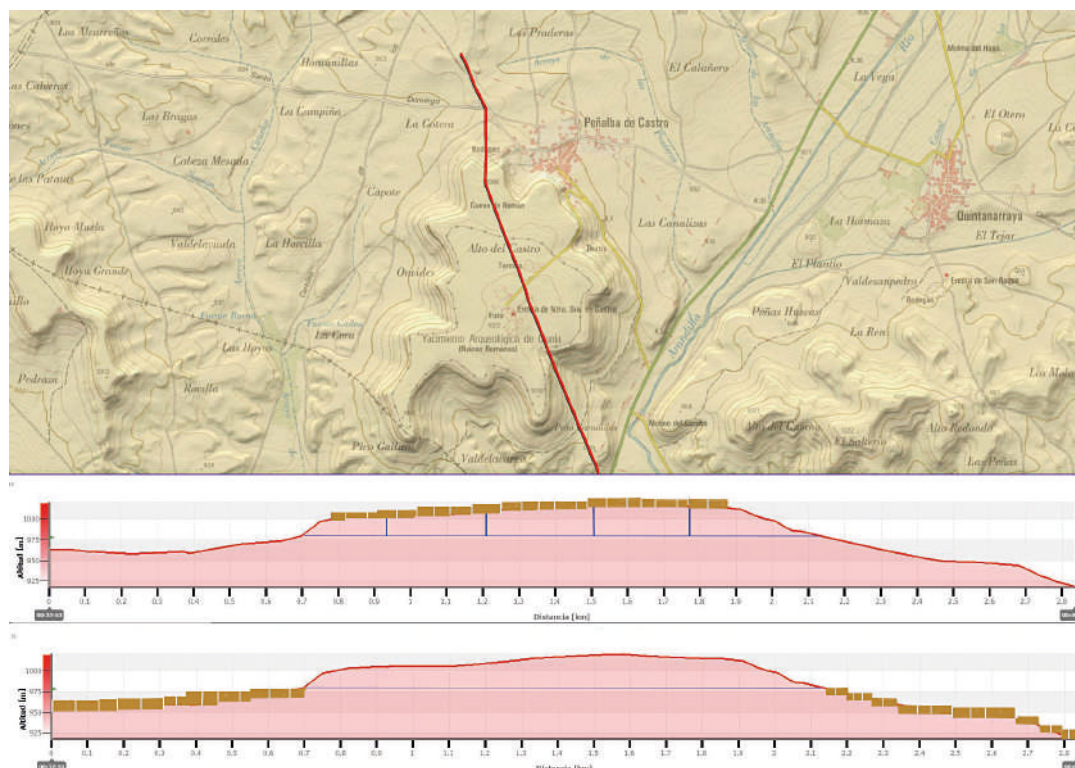


Fig. 56. Perfil transversal del castro de *Clunia* con la posición actual de la ciudad sobre el castro, con el acuífero colgado y los pozos de registro, y la posición lógica si se hubiera querido aprovechar el agua de esta procedencia.

- Si se hubieran querido abastecer desde el karst, cualquier técnico competente, como eran los ingenieros romanos, hubiera puesto la ciudad en posición altimétrica diferente para sacar el agua sin necesidad de elevación (fig. 56).
- Existen suficientes fuentes de buena calidad, a suficiente cota y a distancias muy modestas, para abastecer esta ciudad.
- En el mismo yacimiento se ha encontrado un trozo de tubería de plomo unos 13 cm de diámetro, tamaño inusualmente empleado para distribuciones internas en las ciudades y más propio de acometidas generales.

10.2. CANALIZACIONES INVEROSÍMILES

Como consecuencia de que se han identificado los acueductos romanos casi exclusivamente con las arquerías, a pesar de ser un dispositivo muy poco frecuente en estas conducciones, cualquier conjunto de arcos antiguos de acueducto cuya procedencia se desconoce ha pasado a considerarse como romano, y

además con preferencia para el suministro de alguna ciudad importante, siendo muy raro incluso conformarse con la asignación a una simple acequia de riego romana.

Documentos inflacionistas que recogen grandes colecciones de arquerías, romanizadas sin fundamento (Fernández Casado 1972; Sánchez López – Martínez Jiménez 2016), han contribuido y contribuyen notablemente a agrandar este problema. La casuística es abundantísima, por lo que nos ocuparemos sólo de algunos casos.

El acueducto de ALCANADRE conserva unas arquerías de pequeño tamaño en los límites de Alcanadre (La Rioja) y Lodosa (Navarra). Su fábrica no se corresponde con ninguno de los aparejos del mundo clásico, siendo tanto la piedra como el mortero de cal de mala calidad y la factura en general pésimas (fig. 57). Se le ha asignado sin ningún fundamento la dotación de agua a la antigua *Calagurris* (Calahorra), pero con la cota a la que está construido regaría únicamente la huerta al pie de Calahorra (Mezquíriz Irujo 1979, 139). Es más probable que se trate de una acequia de riego, una especie de antecedente musulmán del actual Canal de Lodosa, que de forma bisoña cruzaba el Ebro de izquierda a derecha, uno de los ríos con la hidrodinámica más terrible de España, por lo que hay que suponer que no logró mantenerse en servicio muchos años.

Mucho más problemático es el hecho de que, unas arquerías con una fábrica misérrima, *incertus opus romanorum*, se presenten en mitad de un yacimiento romano como *BAELO CLAUDIA* y que, por este último hecho, sean consideradas romanas (Jiménez Martín 1973). Se trata de un razonamiento en bucle del que también podríamos deducir nuevos modelos romanos no presentes en otras partes del mundo clásico (fig. 58). Sin embargo, Bolonia estuvo produciendo salazones al menos hasta el siglo VII (Prados Martínez 2011), que por supuesto necesitaban agua como los de época romana. Estos acueductos malos suelen tener otro elemento diferenciador en la impermeabilización, que se presenta con un mortero basto de cal con trozos de cerámica muy gruesos impropios del *opus signinum* romano. Es realmente una tejoleta como la que se ha empleado para los mismos fines gasta época moderna. Y aquí sí que hay un elemento en el que puede aplicarse un análisis físico, la cerámica, sobre la que un ensayo de termoluminiscencia, y mejor varios, podría clarificar el momento de la construcción. Aunque no es un ensayo tan caro como para que no lo pueda asumir una administración, sigue apostándose por la especulación.

Acueductos de aparejos tan deficientes que se han caído ellos solos en pocas décadas, se han conocido también en CONSUEGRA, la llamada Puente Seca en el Priorato, tenido por acueducto de *Consabura* (Giles Pacheco 1971), aunque sin relación con la presa de la que ya hemos hablado. Hoy sólo quedan algunos restos integrados en los muros de una hacienda y un tramo de canal enterrado al borde del camino de Santa María (fig. 59). Malo de solemnidad es también el de PINEDA DE MAR (Fernández Casado 1972), en pie gracias a modernas labores de consolidación. Un poco más robusto, pero también de aparejo típicamente medieval, lo encontramos en RIBARROJA (Hortelano Uceda 2008). Éste sí que está dotado de una buena tejoleta impermeabilizante compuesta de gruesos trozos cerámicos sobre los que habría que realizar una batería de ensayos de termoluminiscencia para acabar con la especulación romanizante que hoy se vierte sobre él (fig. 60).



Fig. 57. Detalle de un arco del acueducto de Alcanadre. No solo la fábrica es deficiente, la calidad de la piedra es también mala. Éste, es el único arco original que se mantiene sin reconstruir, aunque ya rejuntado.



Fig. 58. Vista general de las pequeñas arquerías sobre el arroyo Chorrea, en *Baelo Claudia* (Cádiz). La geometría de la estructura en general y los aparejos, son de una mediocridad evidente.



Fig. 59. Uno de los últimos arcos supervivientes del acueducto de Consuegra donde se puede apreciar su fábrica impropia de los opus romanos. Existe una foto de un conjunto de arquerías supervivientes en el siglo XX, que se cayeron solas.



Fig. 60. Detalle de la fábrica del acueducto de Ribarroja. En pie, en buena parte, a pesar del deficiente aparejo que se observa.

En fin, que no por ser de mayor tamaño, ni de aspecto más sólidos, ni más complejos en su concepción, está probado que sean romanos el de Zaorejas (Pradillo y Esteban 1993), o el “indudablemente” romano de Almuñécar (Gómez Becerra 1995). De hecho, sus fábricas, del tan socorrido y abusado *opus incertum*, apuntan a lo contrario.

Y, porque es imposible repasar aquí tan amplia nómina, acabaremos por apuntar nuestra duda razonable sobre la romanidad de las arquerías, que no sobre el resto de la canalización, del afamado acueducto de los **Milagros** y también sobre los pilares que recrecen el de **San Lázaro**, ambos en Mérida. Ambos tienen un estilo constructivo muy difundido en la tardoantigüedad, con una fábrica en piedra alternada con fajas de ladrillos cerámicos que no han sido ensayados suficientemente. La datación de estos acueductos no está basada en ningún análisis científico de termoluminiscencia que aporte cierta exactitud y, como ocurre

con otros de los ya citados, los razonamientos que los han datado son muchas veces meramente especulativos (Jiménez, 1977). Menos especulativa sería una buena batería de ensayos sobre los elementos cerámicos de estas obras. De hecho, uno de estos ensayos realizado por este autor en 2011 arrojó como resultado su probable construcción en el siglo VI, 1450 ± 20 % B.P. (Laboratorio Ralf Kotalla, 2011). Otro más, realizado de nuevo por este autor, en 2019, arroja un resultado próximo al siglo IV, 1729 ± 106 años B.P. (Laboratorio UAM, octubre 2019). Esta última cronología parece la más plausible por el momento en que *Augusta Emerita* pasa a ser la capital de la extensa *Diocesis Hispaniarum*.

Dada la relevancia de este caso, tal vez sea ya urgente que la Administración responsable realice nuevos ensayos.

11. CONCLUSIONES

Nos quedan por descubrir muchos acueductos romanos cuyas características nos asombrarán de nuevo. Muchas de las técnicas utilizadas aún nos permanecen ocultas ante la falta de un análisis riguroso de estas obras. La asociación entre los depósitos encontrados y las canalizaciones no está resuelta satisfactoriamente en la mayoría de las ciudades romanas en las que al menos han aparecido algunos de estos elementos del acueducto. En otros casos, no se ha resuelto el emplazamiento de las fuentes, el trazado de la canalización y, en la gran mayoría de los casos, no se ha resuelto ninguna de las incógnitas que intervienen en el problema.

Sin embargo, sabemos que un alto nivel científico y tecnológico posibilitó estas realizaciones, además de una técnica constructiva peculiar que no se constata en las épocas posteriores al clasicismo. Por lo tanto, desde estas premisas deberían acometerse los estudios de los acueductos romanos, igual que los de todos los campos de la ingeniería de esa época, si se quiere avanzar de forma seria en el conocimiento de la ingeniería hidráulica romana. De otro modo, seguiremos promocionando multitud de arquerías y de acueductos como “romanos” sin serlo, como también se lleva haciendo durante décadas con tantos puentes, calzadas y tantos otros elementos de las obras antiguas. Si el método científico no es empleado rigurosamente, con demostración mediante, en la identificación y posterior promoción de estos elementos antiguos, la ciudadanía tendrá perfecto derecho a sentirse estafada culturalmente, con el subsiguiente descrédito que ello conllevaría para las disciplinas de la antigüedad.

BIBLIOGRAFÍA

Agusta-Boularot, S. – Paillet, J. L. (1997). “Le Barrage et l’Aqueduc Occidental de Glanum: le Premier Barrage-Voûte de l’Histoire des Techniques”, *Revue Archéologique* 1, 27-78.

Almagro Gorbea, A. (2002). *Acueducto de Albarracín a Cella (Teruel)*, Alicante.

- Andreu Pintado, J. – Armendáriz Martija, J. (2011). “La presa romana de Cubalmena (Biota, Zaragoza) y el abastecimiento de agua a la ciudad de Los Bañales”, *Caesaraugusta* 82, 199-221.
- Aranda Gutiérrez, F. *et al.* (1997). *El sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo*, Toledo.
- Aranda Gutiérrez F. *et al.* (2003). “Las Presas de Abastecimiento en el marco de la Ingeniería Hidráulica Romana. Los casos de Proserpina y Cornalbo”, *Merida. Excavaciones arqueológicas* 9, 471-536. <https://www.traianvs.net>.
- Arenillas Parra, M. *et al.* (1996). *La presa de Almonacid de la Cuba: Del mundo romano a la Ilustración en la cuenca del río Aguas Vivas*, Zaragoza.
- Arenillas Parra, M. (2002). *Obras Hidráulicas Romanas en Hispania. I Congreso sobre las Obras Públicas Romanas*, Mérida.
- Arenillas Parra, M. – Barahona Oviedo, M. (2009). “Una revisión general del suministro de agua a Toledo en época romana”, en: *Actas IV Congreso de Obras Públicas Romanas en Hispania (Lugo-Guitiriz, 6-8 noviembre 2008)*, Madrid, 211-234.
- Arenillas Parra, M. - Castillo Barranco, J. C. (2003). “Dams from the Roman Era in Spain. Analysis of design Forms”, en: S. Huerta (ed.), *Proceedings of the First International Congress on Construction History (Madrid, 20th-24th January 2003)*, 243-257.
- Arenillas Parra, M *et al.* (1996). *La presa de Almonacid de la Cuba. Del mundo romano a la Ilustración en la cuenca del Río Aguasvivas*, Madrid.
- Ariño Gil, E. (1986). *Centuriaciones romanas en el Valle Medio del Ebro. Provincia de La Rioja*, Logroño.
- Ariño Gil, E. (1990). *Catastros Romanos en el Convento Jurídico Caesaraugustano. La Región Aragonesa*, Zaragoza.
- Blázquez Herrero, C. (2005). *Zaragoza: dos milenios de agua*, Zaragoza.
- Caballero Zoreda, L. – Fernández Mier, M. (1999). “Notas sobre el complejo productivo de Melque (Toledo). Prospección del territorio y análisis del Carbono 14, polínicos carpológicos y antracológicos y de morteros”, *Archivo Español de Arqueología* 72, 199- 239.
- Castillo Barranco, J. C. – Arenillas Parra, M. (2002). “*Las presas romanas en España. Propuesta de inventario*”, *I Congreso de Historia de las Presas*, Badajoz.

- Çeçen, K. (1996). *The longest roman water supply line*, Estambul.
- Chanson, H. – James, P. (2002). “Une histoire révisée des barrages-voûtes. Des barrages romains aux ouvrages modernes en béton”, en: *Australian Civil Engineering Transactions, Institution of Engineers CE43*, 39-56.
- Díez-Cascón Sagrado, J – Bueno Hernández, F. (2003). *Las presas y embalses en España. Historia de una necesidad. I. Hasta 1900*, Madrid.
- Döring, M. – Radler, S. (2015). “Stau-und Wasserkraftanlagen”, en: *Taschenbuch der Wasserwirtschaft*, Wiesbaden, 637–721.
- Durán Fuentes, M. (2005). *La Construcción de Puentes Romanos en Hispania*, Santiago de Compostela.
- Durand-Claye, A. (1978). *Mèmoire sur le dessèchement du Lac Fuccino*, Paris.
- Feijoo Martínez, S. (2005). “Las presas y los acueductos de agua potable, una asociación incompatible en la antigüedad: El abastecimiento en *Augusta Emerita*”, en: T. Nogales Basarrate (ed. lit.), *AUGUSTA EMERITA. Territorios, Espacios, Imágenes y Gentes en Lusitania Romana*, Madrid, 171-205.
- Feijoo Martínez, S. (2006). “Las presas y el agua potable en época romana: dudas y certezas”, en: I. Moreno Gallo (coord.), *III Congreso de las Obras Públicas Romanas: Nuevos elementos de Ingeniería Romana (Astorga)*, Valladolid, 145-166.
- Fernández Casado C. (1961). *Las presas romanas en España*, Madrid.
- Fernández Casado, C. (1972). *Acueductos romanos en España*, Madrid.
- Fernández Casado, C. (1980). *Historia del puente en España*, Madrid.
- Fernández Ordoñez, J. A. et al. (1984). *Catálogo de noventa presas y azudes españoles anteriores a 1900*, Madrid.
- Giles Pacheco, F. J. (1971). “Contribución al estudio de la Arqueología toledana. Hallazgos hispanorromanos en Consuegra”, *Anales toledanos* 5, 139-165.
- Giorgetti, D. (1985). *L'acquedotto romano di Bologna: l'antico cunicolo et i sistema di avanzamento in cavo cieco*, Bologna.
- Gómez Becerra, A. (1995). “Almuñécar en el tránsito de la Antigüedad a la Edad Media”, *Florentia Iliberritana* 6, 175-201.

- González Tascón, I. 1994: *El Acueducto Romano de Caesaraugusta según manuscrito de Juan Antonio Fernández*, Madrid.
- Grewe, K (1998). *Licht am Ende des Tunnels: Planung und Trassierung im antiken Tunnelbau*, Mainz.
- Guillén Riquelme, M. C. (1997). *Mazarrón 1900*, Mazarrón.
- Hortelano Uceda, I. (2008). “La red de acueductos de la Valentia romana. Canales de abastecimiento rural al sur del Turia”, *Lucentum* 27, 69-85.
- Iglesia Santamaría, M. A. de La – Tuset Bertrán, F. (2012). *Colonia Clunia Sulpicia. Ciudad romana*, Burgos.
- Jiménez Martín, A. (1973). “Los Acueductos de Bellone Claudia (Bolonía, Cádiz)”, *Habis* 4, 273-294.
- Jiménez Martín, A. (1977). “Problemas de los acueductos emeritenses”, *Habis* 7, 271-292.
- Kürkçü, M. (2012). “Termessos Water Construction Searches 2011: Dams”, en: *IWA Specialized Conference on Water&Wastewater. Technologies in Ancient Civilizations (Istanbul-Turkey. 22-24 March 2012)*, Istanbul, 451-458.
- Labé Valenzuela, L. F. *et al.* (2017). “Nuevos datos sobre la conducción de agua a la ciudad romana de Andelo”, *Trabajos de arqueología navarra* 29, 233-242.
- Leveau, Ph. (2006). “Les aqueducs d’Aquae Sextiae et la gestion de l’eau sur le territoire de la cité”, en: F. Mocchi – N. Nin (dir.), *Aix-en-Provence, pays d’Aix et val de Durance*, Paris, 93-109.
- Litaudon, J. C. (2004). “Les aqueducs antiques. Conduire l’eau (aqvaeductus)”, en: R. Alba *et al.*, *Elementos de Ingeniería Romana. II Congreso Europeo sobre las Obras Públicas Romanas (Tarragona)*, Madrid, 71-85.
- Martín Bueno, M. (1975). “El abastecimiento y distribución de aguas al *Municipium Augusta Bilbilis*”, *Hispania Antiqua* 5, 205-222.
- Mezquíriz Irujo, M. A. (1979). “El acueducto de Alcanadre-Lodosa”, *Trabajos de arqueología Navarra* 1, 139-147.
- Mezquíriz Irujo, M. A. (2004). “De hidráulica romana: el abastecimiento de agua a la ciudad romana de Andelos”, *Trabajos de arqueología Navarra* 17, 287-318.
- Mezquíriz Irujo, M.ª Á. - Unzu Urmeneta, M. (1988). “De hidráulica romana: el abastecimiento de agua a la ciudad romana de Andelos”, *Trabajos de arqueología navarra* 7, 237-266.

- Moreno Gallo, I. (2004). “Topografía Romana”, en: R. Alba *et al.*, *Elementos de Ingeniería Romana. II Congreso Europeo sobre las Obras Públicas Romanas (Tarragona)*, Madrid, 25-68.
- Moreno Gallo, I. (2006). “Dioptra”, en: I. Moreno Gallo (coord.), *Nuevos Elementos de Ingeniería Romana. III Congreso Europeo Obras Públicas Romanas. Astorga, octubre de 2006*, Valladolid, 357-367.
- Moreno Gallo, I. (2010). “Análisis técnico y constructivo del acueducto romano de Albarracín a Cella”, en: I. Moreno Gallo, *Las técnicas y las construcciones de la Ingeniería Romana. V Congreso de las Obras Públicas Romanas (Córdoba)*, Madrid, 225-248.
- Palol i Salellas, P. de (1994). *Clunia. Historia de la ciudad y guía de las excavaciones*, Burgos. Diputación Provincial de Burgos - Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León.
- Peña Olivas, J. M. de la (2010). “Sistemas romanos de abastecimiento de aguas” en: Fundación de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas (eds.), *Congreso de las Obras Públicas Romanas V. Las técnicas y las construcciones en la ingeniería romana (Córdoba)*, 249-282.
- Perrault Claude (1673). *Les Dix Livres d'architecture de Vitruve, corrigez et traduits nouvellement en françois avec des notes et des figures*, chez Jean Baptiste Coignard, Paris.
- Pradillo y Esteban, P. J. (1993). “El ‘Puente Romano’ de Zaorejas. Un acueducto imperial en proceso de ruina”, *Wad-al-Hayara: Revista de estudios de Guadalajara* 20, 65-84.
- Prados Martínez, F. (2011). “La necrópolis oriental de *Baelo Claudia* (Tarifa, Cádiz) en el contexto de la religiosidad púnico-mauritana: Una lectura a partir de las últimas actuaciones arqueológicas”, *Zephyrus* 68, 191-192.
- Ralf Kotalla Laboratory 2001, 09, 13. *Thermoluminescence n°: 01130911*. Kätzling 2 D-72401 Haigerloch, Germany.
- Sánchez López, E – Martínez Jiménez, J. (2016). *Los Acueductos de Hispania. Construcción y abandono*, Madrid.
- UAM. 2019. Laboratorio de Datación y Radioquímica Universidad Autónoma de Madrid. Ref. MADN-6774bb.binx.
- Wiplinger, G. (2012). “Der Gebrauch des Xylopongiums – eine neue Theorie zu den hygienischen Verhältnissen in römischen Latrinen”, en: Frontinus-Gesellschaft eV – Peeters (eds.), *Spa. Sanitas por Aquam. Tagungsband des Internationalen Frontinus-Symposiums zur Technik - und Kulturgeschichte der antiken Thermen (Aachen, 18. - 22. marzo 2009)*, Leiden, 295-304.

INGENIERÍA HIDRÁULICA ROMANA.

VI CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS OBRAS PÚBLICAS ROMANAS

SANTO DOMINGO DE LA
CALZADA 7, 8 Y 9 DE
NOVIEMBRE DE 2019

ISAAC MORENO GALLO
(COORD.)

21 HISTORIA ARQUEOLOGÍA

INGENIERÍA HIDRÁULICA ROMANA.
VI CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS
OBRAS PÚBLICAS ROMANAS

ISAAC MORENO GALLO (COORD.)

INGENIERÍA HIDRÁULICA ROMANA. VI CONGRESO INTERNACIONAL DE LAS OBRAS PÚBLICAS ROMANAS

Santo Domingo de la Calzada 7, 8 y 9 de noviembre de 2019

Congreso Internacional de las Obras Públicas Romanas (6º. 2019. Santo Domingo de La Calzada)

Ingeniería hidráulica romana: VI Congreso Internacional de las Obras Públicas Romanas: (Santo Domingo de la Calzada 7, 8 y 9 de noviembre de 2019) / coordinador Isaac Moreno Gallo. -- Logroño: Instituto de Estudios Riojanos, 2023.

308 p.: il.col; 28 cm. - (Historia Arqueología; 21).

D.L. LR 696-2023. - ISBN 978-84-9960-170-0

1. Obras públicas-España-Hasta S.V - Congresos y Asambleas. 2. España-Restos arqueológicos romanos-Congresos y asambleas. I. Moreno Gallo, Isaac. II. Instituto de Estudios Riojanos. III. Serie.

624(460)"/04"(063)

904(460):7.032(37)(063)

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los titulares del copyright.

Primera edición: julio, 2023

© Isaac Moreno Gallo (Coord.)

© Instituto de Estudios Riojanos, 2023

C/ Portales, 2

26001 Logroño, La Rioja

www.larioja.org/ier

© Imagen de cubierta: *Torres de descarga de presión en los cambios de alineación del acueducto romano de Aspendos (Turquía)*. Fotografía de Isaac Moreno Gallo.

Depósito Legal: LR 696-2023

ISBN: 978-84-9960-170-0

© Realización técnica: Grupo Editorial Sargantana

Impreso en España. Printed in Spain.

Índice

- 9 **Prólogo**
Concha Andreu Rodríguez
Presidenta de la Comunidad Autónoma de La Rioja
- 13 **Abastecimientos de aguas romanos. Paradigmas y realidades**
Isaac Moreno Gallo
- 67 **Inverted syphons and roman hydraulic technology**
H. Paul M. Kessener
- 105 **Agua y canales en la minería hidráulica romana del oro**
Roberto Matías Rodríguez
- 143 **Archaeological information obtained from carbonate deposits in ancient water systems**
Cees Passchier - Gül Sürmelibindi
- 169 **Descubrimiento y análisis de dos nuevas conducciones en el entorno de Mérida: avances y resultados**
Santiago Feijoo Martínez – Diego Gaspar Rodríguez
- 189 **Regulación de caudales en los abastecimientos de agua romanos**
José Manuel de la Peña Olivas

- 219 **La ingeniería hidráulica en los tiempos preclásicos**
Manuel Durán Fuentes
- 239 **El agua en los puertos romanos**
José Manuel de la Peña Olivas
- 255 **Ingeniería hidráulica de la ciudad de *Valeria* (Cuenca): la cuestión del ninfeo**
Jesús Sánchez Sánchez
- 287 **Dos acueductos romanos inéditos: *Norba Caesarina* (Cáceres) y *Regina Turdulorum* (Casas de Reina)**
Juan Gil Montes – José Vargas Calderón

El VI Congreso Internacional de Ingeniería Romana organizado por el Colegio de Ingenieros Civiles y celebrado en Santo Domingo de la Calzada en noviembre de 2019, supuso un nuevo hito en la investigación de la ingeniería antigua. En esta monografía se ponen de relieve nuevos aspectos sobre el abastecimiento de aguas y la ingeniería sanitaria en el mundo romano.

Roma fue una cultura donde el agua garantizaba la *salubritas* y *securitas* de las ciudades y convertía a sus territorios en paisajes irrigados. Las estructuras hidráulicas que desempeñaban esta función, sobre todo los acueductos, eran vistas como el símbolo de la grandeza de Roma, de su obra civilizadora. Estrabón los consideraba, junto con las calles y las cloacas, las obras públicas más extraordinarias de una ciudad (Str. 5.3.8); Frontino, por su parte, dice que son más útiles que las pirámides de Egipto o las famosas construcciones griegas (Aq. 16). Pero, como se puede leer en estas páginas, los acueductos no son solo las admiradas arquerías de que en ocasiones disponían, aunque realmente son casi las únicas estructuras que el imaginario colectivo ha asociado a este valiosísimo legado romano. El abastecimiento de agua quedó garantizado por tuberías de diversas naturalezas, galerías subterráneas que conducían el agua por el subsuelo, o canales de fábrica cubiertos que, aunque no son perceptibles a simple vista, sí que formaron parte entre todos, junto con las arquerías, de esas grandes obras de abastecimiento de agua potable que dotaron de salud, bienestar y seguridad a aquella civilización por todo el *Orbe* entonces conocido.

