

## Difusión de modelos técnicos romanos: particularidades del sistema de abastecimiento de agua a la ciudad de *Baelo Claudia*

### The outspreading of Roman technical models: Peculiarities of the water supply system in *Baelo Claudia*

Laetitia Borau  
Casa de Velázquez

#### RESUMEN

A lo largo del año 2013 se llevó a cabo un nuevo trabajo de investigación sobre las redes de abastecimiento de agua de la ciudad romana de *Baelo Claudia*. Más concretamente, se estudiaron sus acueductos y su *castellum aquae*. El desarrollo de dicho proyecto tuvo como primer objetivo hacer un balance del estado de conservación de los vestigios arqueológicos. Además, permitió destacar la originalidad de ciertos dispositivos, como son los puentes y los pozos de resalto. Por ende, sirvió para mejorar nuestra comprensión acerca de cómo se realizaba la difusión de técnicas itálicas desde la cuenca mediterránea hasta la costa atlántica.

#### SUMMARY

The water supply network of the Roman city of *Baelo Claudia*, in particular its aqueducts and its *castellum aquae*, was the focus of new investigations performed in 2013. The goal of this study was to make a first assessment of conservation status of the archaeological remains. It also allowed highlighting the originality of some types of structures, in particular bridges and steep chutes and broadcasting of some Italic technology from the Mediterranean Sea to the Atlantic coast.

**PALABRAS CLAVES:** Acueductos; pozos de resalto; puentes; técnicas de construcción; redes hidráulicas.

**KEY WORDS:** Aqueducts; steep chutes; bridges; techniques of construction; hydraulic networks.

#### INTRODUCCIÓN

El yacimiento arqueológico de *Baelo Claudia* es uno de los más importantes del Campo de Gibraltar. Gracias a la realización de numerosas excavaciones, se ha puesto de manifiesto el excelente estado de conservación de esta antigua ciudad romana. El estudio de este enclave ha permitido obtener información muy valiosa sobre la época en que dicha ciudad vivió su apogeo.

Es sabido que gran parte de los trabajos de investigación se han centrado en la muralla, el centro monumental, las fábricas de salazón y la arquitectura doméstica; sin embargo, faltaba un estudio sistemático de la red de abastecimiento de agua para la ciudad, la cual estaba conformada por tres acueductos. Los restos de esta red poseen varias particularidades técnicas, como son los pozos de resalto o puentes, cuyo estado de conservación nos permite llevar a cabo un análisis en condiciones óptimas. Por esta razón, en el contexto de un proyecto arqueológico puntual que tuvo lugar durante el año 2013<sup>1</sup>, se hizo un primer balance de la integridad de los restos arqueológicos de los tres acueductos. En este artículo, únicamente se presentan y analizan los primeros resultados del trabajo de investigación, pues el proyecto todavía está en curso. Principalmente, se obtuvo información sobre los problemas de nivelación, así como varias especificaciones técnicas.

Al considerar los acueductos de una ciudad romana, surge una serie de cuestiones sobre las que reflexionar: ¿Para qué sirve el acueducto? ¿Cómo se organiza su construcción? ¿Cuál es el impacto de ésta sobre el territorio? Aunque, a día de hoy, este primer

<sup>1</sup> Quiero agradecer por su colaboración a la Junta de Andalucía; al conjunto arqueológico de *Baelo Claudia*, Ángel Muñoz Vicente (Director), Iván García Jiménez (arqueólogo); Pierre Moret (Director de investigación, CNRS TRACES - UMR 5608, Universidad de Toulouse, Francia); el equipo de investigación con Clémence Mège (arqueóloga SAVL Lyon, investigadora colaboradora del CNRS - Universidad Lumière Lyon), Carine Calastrenc (Ingeniero, CNRS - Universidad de Toulouse), Jean-Marc Fabre (Ingeniero topógrafo, CNRS - Universidad de Toulouse) y Nicolas Poirier (Investigador, CNRS - Universidad de Toulouse); los tres organismos financiadores, la Universidad de Toulouse, el laboratorio del CNRS TRACES - UMR 5608 y la Casa de Velázquez - Madrid.

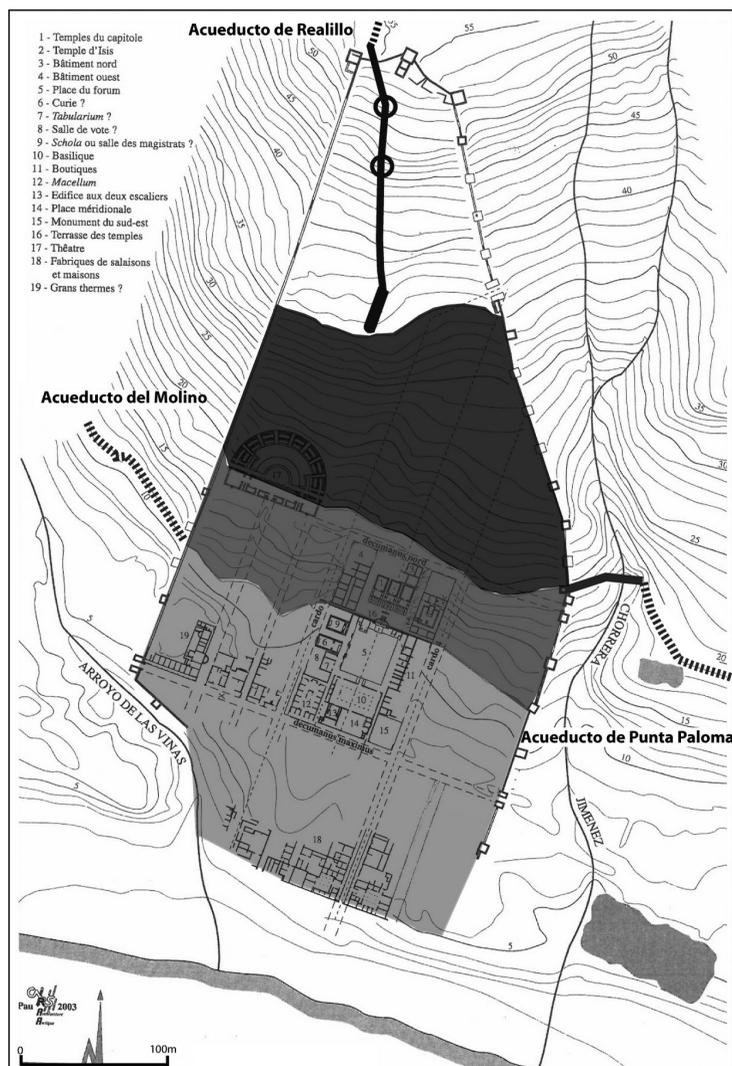


Figura 1. Mapa de la ciudad romana y propuesta de repartición de los barrios abastecidos por los varios acueductos (Borau; IRAA).

trabajo no permite responder de manera inequívoca a todos estos interrogantes, sí que consigue poner de manifiesto cómo tenía lugar la difusión de modelos desde la costa mediterránea hasta la atlántica.

## 1. CONTEXTO TOPOGRÁFICO E HISTÓRICO

### 1.1. LA CIUDAD ROMANA Y EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En el extremo sur de la Bética (Fig. 1), la ciudad romana de *Baelo Claudia* se sitúa en la orilla del Estrecho de Gibraltar, lindando con las costas Atlántica y Mediterránea, cerca de Bolonia (Tarifa).

Está protegida al Noroeste por la Sierra Plata y la Loma de San Bartolomé, al norte por la Sierra de la Higuera, al este por la Punta Paloma y al oeste por el Cabo Camarinal. Su altitud es baja y varía entre las siguientes cotas: 4 m s.n.m. al sur y 55 m s.n.m. al norte.

La ciudad se desarrolló, probablemente, merced a la proximidad del mar. Se trataba de un puerto comercial y de transporte de viajeros y, simultáneamente, un puerto pesquero y un centro para conservar el pescado. Fueron identificadas tres fases relativas al desarrollo de la urbe. Las estructuras arqueológicas de la época republicana (finales del siglo II-principios del siglo I a.C.) se sitúan cerca del *decumanus maximus*; en esencia, son factorías de salazones y

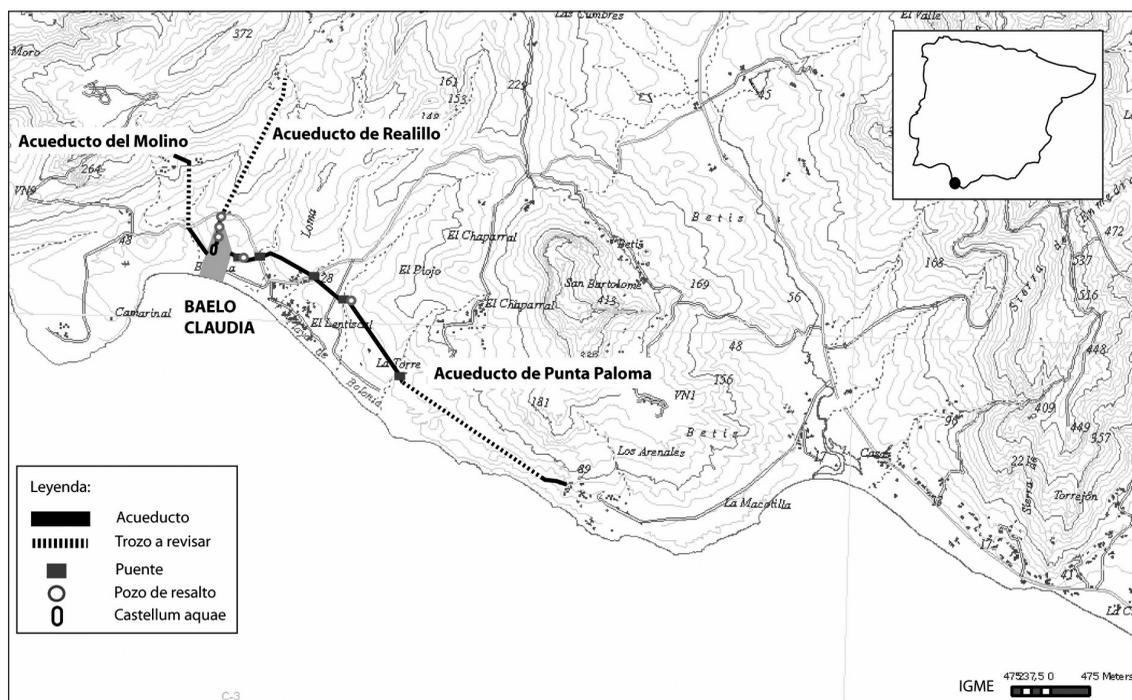


Figura 2. Trazado de los tres acueductos de *Baelo Claudia* (Borau; IGME).

canalizaciones. En la época augustea, la ciudad se amplió: se construyeron una muralla, un gran edificio en el subsuelo de la basílica y además se implementó la trama urbana de tiendas del pórtico oriental del foro. Gracias al desarrollo económico, la ciudad se transformó nuevamente entre mediados del siglo I y principios del siglo II d.C., dotándose de un complejo monumental con un foro. Más concretamente, dicho complejo constaba de una plaza en el centro provista de templos (capitolio, templo de Isis), una tribuna de oradores, una basílica, una fuente, un *macellum* y algunas tiendas. El teatro se situaba al oeste, cerca de las termas de la Puerta de Gades. Sólo se conocen las casas cercanas al puerto. En su mayoría, los edificios públicos fueron abandonados a finales del siglo II y durante el siglo III d.C. Aun así, la población siguió viviendo en la ciudad hasta el siglo VII, lo cual se corresponde con el abandono definitivo de la misma (Sillières 1995; Álvarez Rojas *et alii* 2007; Alarcón Castellano 2009).

Los acueductos de *Baelo Claudia* fueron estudiados parcialmente por P. Paris (Paris *et alii* 1923) a principios del siglo XX, durante las primeras excavaciones realizadas en el yacimiento (Fig. 2). En 1972, C. Fernández Casado (Fernández Casado 1972) propuso una nueva cronología relativa a estos acueductos, y en 1973 A. Jiménez (Jiménez 1973) realizó una serie de levantamientos de las estructuras elevadas

del acueducto de Punta Paloma. En 1995, P. Sillières (Sillières 1995) presentó una breve síntesis de los datos que se conocían: describió el recorrido del acueducto de Realillo al norte, del Molino de Sierra Plata al oeste y de Punta Paloma al este. En 2009, F. Alarcón Castellano (Alarcón Castellano 2009: 171-202) propuso otra síntesis.

La importancia del sistema hidráulico podría relacionarse muy probablemente con la expansión de la ciudad durante los siglos I y II y con su cambio de estatus, pues se convierte en un municipio de ciudadanos romanos (Sillières 1995: 56): los acueductos abastecían de agua los baños, las fuentes públicas, las casas, pero también las fábricas de salazones que requerían agua para limpiar el pescado. Sin embargo, nunca se han realizado excavaciones, por lo que la cronología de los canales no es fiable. A esto ha de sumarse el efecto de los seísmos sobre los acueductos.

## 1.2. IMPORTANCIA DE LA NIVELACIÓN DE LOS ACUEDUCTOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA DE UNA CIUDAD

La principal dificultad que presenta la construcción de un acueducto es el mantenimiento de una pendiente suficiente para que el agua se desplace por

efecto de la gravedad, desde la fuente hasta la ciudad. Una nivelación adecuada garantiza una circulación del agua a una velocidad razonable: la pendiente no debe ser ni demasiado escasa —lo cual originaría depósitos y atascos—, ni excesiva —podría provocar un rápido desgaste de los conductos y podrían formarse grietas—. Frente a los accidentes topográficos, los agrimensores y arquitectos romanos de *Baelo Claudia* utilizaron varias técnicas de nivelación para garantizar la obtención de una pendiente constante y además conseguir rodear o soslayar los obstáculos (Trevor Hodge 2002). Estas técnicas consistieron en la construcción de muros, puentes y también estructuras más específicas, como son los pozos de resalto.

## 2. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA ACTIVIDAD EN 2013

En el marco de este proyecto arqueológico, cada acueducto fue sometido a una prospección superficial sistemática con un doble objetivo: documentar y localizar todas las estructuras visibles en la superficie y, cuando esto fue posible, realizar un primer levantamiento topográfico de los acueductos gracias al sistema GPS, y en algunos casos el más preciso GPS diferencial<sup>2</sup>. Cabe señalar que el principal obstáculo relativo al desarrollo de esta actividad fue la existencia de abundante vegetación que oculta las estructuras arqueológicas. Este trabajo ha sido completado mediante localizaciones por medio de un UAV<sup>3</sup> provisto de una cámara fotográfica, lo que permitió identificar vestigios que no eran accesibles, como el puente del Alpariate. Aun así, este trabajo de investigación debe ser profundizado y afinado para poder comprender de manera detallada cómo se inserta cada acueducto en el paisaje.

## 3. LOS TRES ACUEDUCTOS: RECORRIDOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

### 3.1. EL ACUEDUCTO DEL MOLINO DE SIERRA PLATA

El acueducto del Molino de Sierra Plata sigue un trayecto desde el noroeste hacia las termas de la Puerta de Gades, en la ciudad romana (Fig. 3). En línea recta, mide 1,46 km. Se estudiaron sólo dos tramos del recorrido.

<sup>2</sup> <http://blogs.univ-tlse2.fr/plateformeterrae/2013/06/10/baleo-claudio-bolonia-tarifa-espagne/>

<sup>3</sup> <http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/2013/06/01/mission-la-silla-del-papa-et-belo-claudia-espagne/>

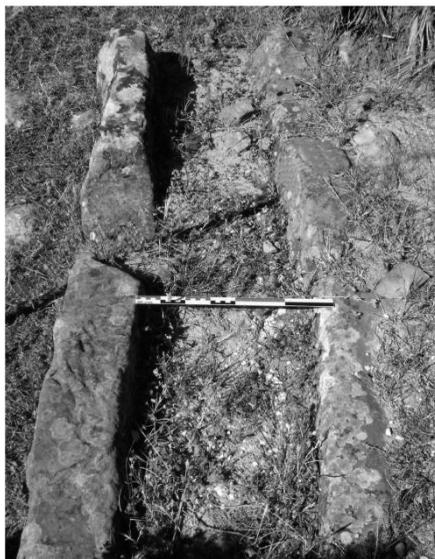
En primer lugar, un tramo de canal fue identificado aguas abajo de la fuente ubicada en la ladera sudoeste de la Sierra de la Plata (Dardaine *et alii* 1983: 88). Se compone de dos bloques monolíticos de piedra arenisca tallados en forma de U cuya orientación es noroeste-sureste. La parte visible de la pared sur mide 1,74 m de largo, la pared norte 2,10 m y la anchura del canal varía entre 0,65-0,80 m. Las paredes tienen un grosor que oscila entre los 0,14 y los 0,18 m. La profundidad de la ranura central es de 0,22 m y los bloques tienen 0,45 m de grosor. El canal conserva huellas en su fondo.

Por otra parte, en el Conjunto Arqueológico de *Baelo Claudia*, al oeste del sitio, al norte del portal que da acceso a la carretera CA-2216, se puede observar el canal a lo largo de unos 100 m. Las paredes miden 0,29 a 0,34 m de anchura, el *specus*, 0,33 m de anchura y 0,20 m de altura. El canal está construido en *opus caementicium* encofrado (arenisca y mortero), revestido de *opus signinum*. No conocemos el punto exacto en el que el canal entra en la ciudad. Pero, según P. Sillières (Sillières 1995: 145-146), este acueducto abastecía los baños cerca de la Puerta de Gades, 300 m aguas abajo.

### 3.2. EL ACUEDUCTO DE REALILLO

La fuente que abastecía el acueducto de Realillo se sitúa al norte de la ciudad romana, en la aldea Cortijada del Realillo de Bolonia (Dardaine *et alii* 1983: 88). Esta fuente constituye un afluente del Arroyo del Alpariate, y esta parte no fue estudiada. Según P. Sillières (Sillières 1995: 146), el acueducto de Realillo tiene 4 km de longitud, aunque en línea recta mide 2,3 km. Solamente se estudió el tramo situado dentro del yacimiento arqueológico.

Se localizaron tres pozos de resalto: el primero, en el extremo norte, a lo largo de la carretera CA-2216; el segundo, dentro de la ciudad, igualmente en el norte, cerca de la muralla; y el tercero asociado a un muro que sostenía el canal. De los tres pozos de resalto, este último es el mejor conservado. Es muy similar a los otros: la altura interior del pozo es de 1,25 m y la altura exterior es de 1,60 m. Las paredes miden 0,80 m de ancho. La parte expuesta se conserva de manera prácticamente íntegra. Existe una brecha (podría ser la llegada del canal ascendente) en la parte norte, de 0,45 m de ancho en la base del pozo. Fue construido con mampostería de piedra arenisca cuadrangular y mortero gris-blanco. La capa de *opus signinum* (latericio, cerámica y ánfora probablemente) se conserva en unos 0,95 m de alto y tiene 3-4 cm de grosor, con una capa de



Specus del acueducto del Molino cerca de la fuente.



Specus del acueducto del Molino en el yacimiento arqueológico (sector oeste).

Figura 3. Canales del acueducto del Molino de Sierra Plata.

nivelación milimétrica de color blanco-grisáceo por encima.

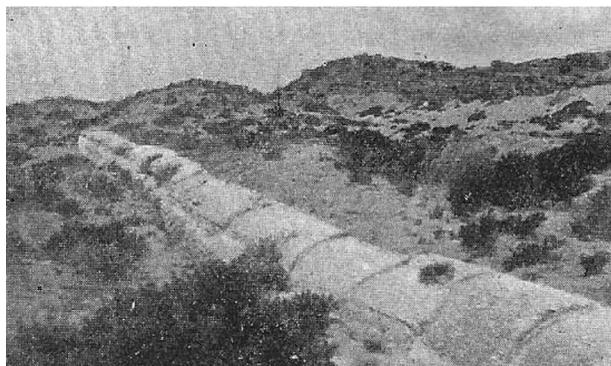
A 87 m del pozo, corriente abajo, existe una estructura de planta cuadrangular denominada “cisterna”, que termina con un ábside en el lado sur. En realidad, es el depósito de agua del acueducto de Realillo. Está construido en mampostería de piedra arenisca y mortero gris, y revestido de *opus signinum* (parte interior) de 4 cm de grosor. La estructura mide 28 m de largo y de 4,16 m a 4,60 m de ancho. Las paredes tienen un grosor de 0,95 m. Su superficie interior es de 125 m<sup>2</sup>, siendo la superficie total de más de 179,4 m<sup>2</sup>. Hace algunos años la cisterna fue excavada hasta el fondo (5 m de profundidad) y rellena hasta la base de la bóveda. Se identifican once contrafuertes al este y diez al oeste, instalados a intervalos regulares. Éstos miden entre 1 y 1,30 m de largo y tienen una anchura de 0,80 m; están destinados a reforzar las paredes sometidas a la presión del agua contenida en el edificio. Este depósito de agua está semienterrado y tiene, en su parte superficial, más de 1,30 m de altura máxima. La bóveda mide 1,48 m de grosor y claramente constó de una escalera de acceso. No conocemos el tipo de canales de distribución de agua.

### 3.3. EL ACUEDUCTO DE PUNTA PALOMA

Si unimos todas las estructuras observadas durante las prospecciones, el acueducto mide 5,2 km de longitud, pero para P. Sillières, mide más bien 6

km, lo cual también es posible. 200 m separan la fuente ubicada al pie de la cornisa rocosa de Paloma baja (Dardaine *et alii* 1983: 88) del primer tramo reconocido del canal del acueducto. P. Paris (Paris *et alii* 1923: 113) observó un tramo de canalización conectado directamente a la fuente que se encuentra a los pies de la roca, cerca del pueblo Casas de las Palomas (Punta Paloma). Sigue suministrando agua a día de hoy.

El primer tramo del canal se sitúa al oeste de este pueblo, al sur de la carretera que se dirige a la aldea occidental de Punta Paloma llamada “El Chaparral”, y está orientado de forma tangente a una vía secundaria (Fig. 4). Actualmente dicho tramo no es de fácil acceso, porque desde que se realizaron los primeros descubrimientos a principios del siglo xx, los árboles adyacentes han crecido mucho. En esta época, el acueducto se distinguía claramente en el paisaje, y ahora está parcialmente enterrado en la arena. Aquí, el acueducto se ve a lo largo de aproximadamente 50 m y después cambia de dirección formando una curva. Pasada ésta, todavía es posible apreciarlo a lo largo de 17 m. En este tramo, el modo de construcción es muy peculiar, el canal de mampostería está cubierto por losas convexas de calcarenitas (local) al igual que las paredes, a las que se les agregó mortero. Es una mampostería encofrada (*opus caementicium*), sin paramento específico y con una cimentación que sobresale poco más de 0,30 m a lo ancho. Lleva un revestimiento de mortero gris, muy bien alisado en superficie, que cubre el interior del *specus*. El canal



Canal del acueducto de Punta Paloma cerca de la fuente y de las canteras (Foto. P. Paris, 1923).



Canal del acueducto de Punta Paloma cerca de la fuente y de las canteras: contexto geográfico actual (2013).

Figura 4. El canal del acueducto de Punta Paloma en 1923 y 2013.

está envuelto por losas convexas de piedra caliza, que en la parte superior de las paredes están unidas entre sí por una junta de mortero y con algunas piedras de calcarenitas (grosor de 0,13 m). Hay cuatro losas que son todavía visibles y cuyas paredes miden 0,39 m de ancho y 0,50 m de alto. El mortero dentro del canal (que no parece ser un *opus signinum* con latericio) tiene un grosor de 0,12 m sobre cada pared. El canal interior mide 0,40 m de altura y 0,46 m de anchura. Las losas convexas miden 0,46 m en la parte interior y 0,70 m en la parte exterior, con un grosor de 0,18 m y una longitud de 0,97 m.

A partir de este lugar y a lo largo de unos 2000 m de recorrido, no localizamos estructuras arqueológicas. Es necesario realizar otras prospecciones arqueológicas para estudiar en detalle esta zona (la presencia de abundante vegetación y arena puede esconder buena parte de los vestigios).

En una zona ubicada aguas arriba del puente del Conejo, entre los pinos de la zona protegida (antigua zona militar), algunos tramos del canal de mampostería todavía se pueden apreciar a lo largo de varios metros. La construcción ya no es la misma. En este caso, las paredes laterales están hechas con piedra arenisca. En este lugar, podemos inferir que el acueducto se erige por encima del nivel del suelo y atraviesa el arroyo del Conejo gracias a un puente. En la orilla conserva tres pilares elevados que no tienen las mismas dimensiones: van aumentando de tamaño de este a oeste, entre 1,08 m y 1,55 m de largo y entre 1,50 m y 1,53 m de ancho, ocurriendo lo mismo con la luz de los pilares. El pilar 2 conserva un arquillo central y se mantiene sobre aproximadamente 4 m de altura. Son de mampostería formada por bloques de piedra arenisca en la parte inferior y piedras más pequeñas en el nivel superior del arquillo. Las juntas sobresalen frecuentemente, el mortero es de un gris

bastante claro y el interior de la mampostería es de color amarillo. El puente del Conejo se ha derrumbado parcialmente sobre el lecho del arroyo. En la orilla oeste, unos tramos de mampostería pertenecen a los pilares del puente que cruza el arroyo. A 35 m de distancia, los tramos del canal —revestido de *opus signinum*— aparecen entre los pinos. Según A. Jiménez (Jiménez 1973: 278-280), la longitud estimada del puente del Conejo es de 112 m. El puente se mantiene intacto a lo largo de 75 m. Tendría trece pilares para soportar trece grandes arcos, además de catorce arquillos. Jiménez estima en 6 m la altura total del puente. No obstante, comprobamos que la restitución propuesta por A. Jiménez no coincide con nuestras propias observaciones en el terreno. Existe una diferencia en la implantación de los pilares. En el estado actual de la investigación es indispensable realizar un levantamiento más preciso para restituir el puente.

Al continuar nuestra trayectoria no detectamos ningún vestigio a lo largo de 1000 m de distancia, pero, como ya mencionamos, probablemente la vegetación cubre una parte de ellos. En efecto, A. Jiménez (Jiménez 1973: 281) afirmó que un pozo (probablemente de resalto) se mantenía más cercano del Cortijo de la Torre.

Para atravesar el arroyo de Churriana se construyó un puente (Fig. 5), del cual actualmente se pueden reconocer ocho pilares. Sólo un pilar se mantiene a una elevación de más de 7 m con el *specus* revestido de *opus signinum*, en la orilla oeste. Está construido con bloques de piedra arenisca calibrados con mortero. Las juntas sobresalen ligeramente y tienen entre 1 y 1,30 cm de grosor. En la orilla este, parte de un gran arco y un arquillo siguen en pie. Este puente es muy parecido al puente del Conejo, y las dimensiones de los pilares varían entre 1,54 m y 2,12 m de largo por

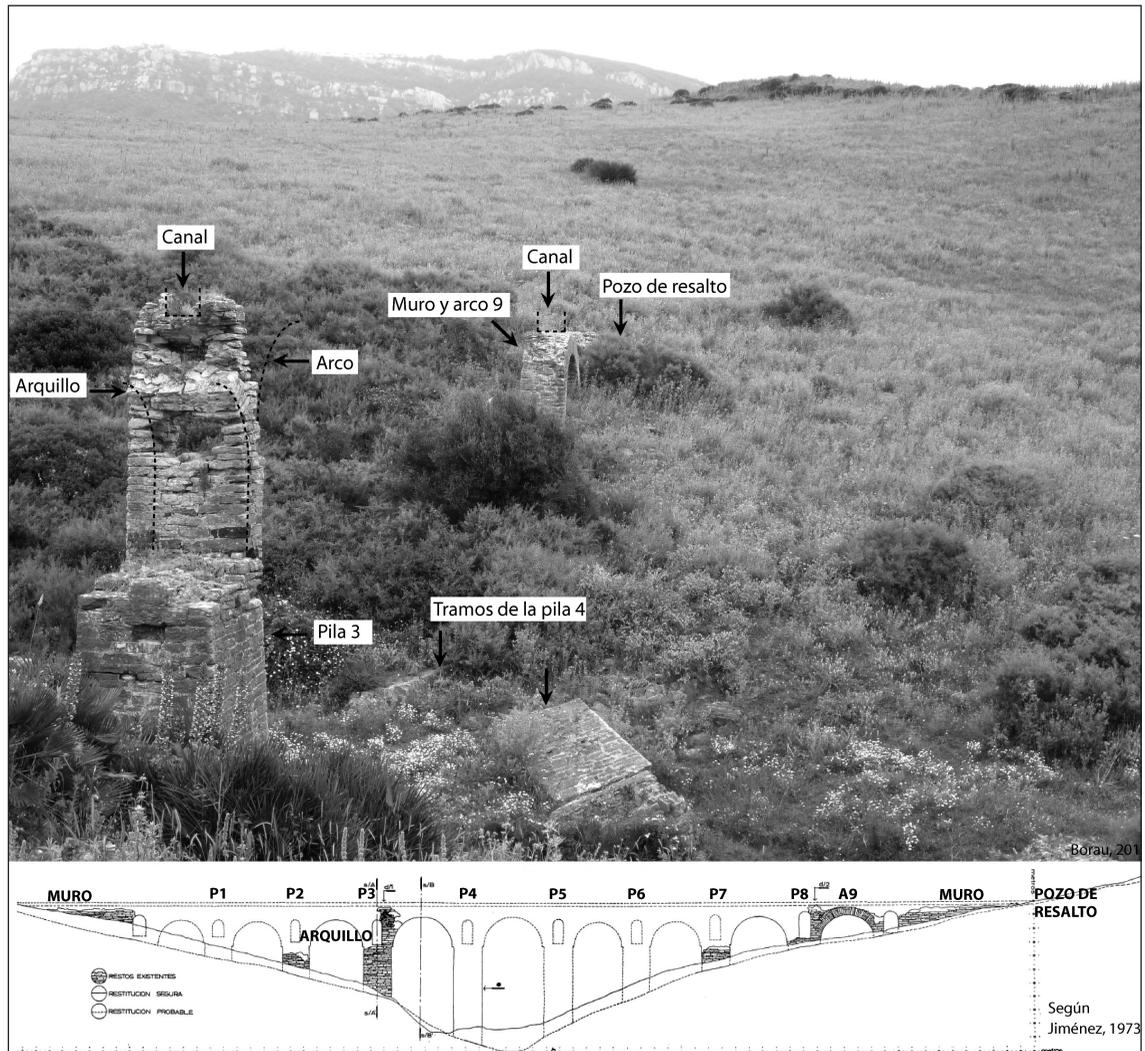


Figura 5. Acueducto de Punta Paloma: estructuras del puente de Churriana.

1,35 m y 1,54 m de ancho. La luz entre los pilares es más grande: 3,96 m al este y 4,09 m al oeste. Estos datos difieren de las propuestas de A. Jiménez (Jiménez 1973: 281): “la anchura de los pilares, 1,36 m, es constante, variando las longitudes entre 2,06 y 2,17 m”. Los otros pilares se derrumbaron en el lecho del arroyo. Cabe señalar un descubrimiento de gran interés, hasta ahora inédito: se trata de un pozo de resalto situado al principio de este puente (como el puente de Chorrera más adelante). La pared del pozo se conserva en sus dos terceras partes. La apertura del canal de salida, en la pared del pozo, es parcialmente visible. El canal ascendente ha desaparecido. La construcción es de buena calidad pero, en el interior del pozo, el mortero (*opus signinum*) ha desaparecido. El pozo se conserva parcialmente y tiene 0,90

m de altura. Su diámetro interno mide 0,90 m y el externo se estima en 1,36 m. Sus paredes miden 0,38 m de grosor. No conocemos el tipo de cubierta. Este pozo de resalto se conecta con el puente de Churriana gracias al canal que pasa sobre un muro (extremo del puente). Este muro hace las veces de conexión entre el pozo y los pilares del puente, y es visible a lo largo de 9,30 m, tiene 1,10 m de ancho y 2 m de altura. Se puede ver el mismo muro al extremo del puente en la orilla oeste. Según A. Jiménez (Jiménez 1973: 281), el puente mide 76 m de largo y 10 m de alto. Tendría ocho pilares, nueve grandes arcos y diez pequeños. Teniendo en cuenta la topografía, la longitud parece adecuada, pero tal y como hemos visto anteriormente, la restitución (de los pilares) no parece correcta de acuerdo con la información adquirida recientemente.

Desde este punto hasta el puente del Pulido, que se sitúa 450 m aguas abajo, ningún vestigio arqueológico ha sido identificado. A principios del siglo xx, después de los primeros descubrimientos de P. Paris, el puente del Pulido fue destruido para construir la carretera CA-2216. Solamente es posible observar los extremos del puente y dos bases de pilares en el lecho del arroyo. A. Jiménez (Jiménez 1973: 282) publicó que este puente medía 65 m de largo. P. Paris hizo una fotografía antes de la construcción de la carretera moderna y se logra apreciar en ella el buen estado del puente romano en aquel momento. Tenía tres grandes arcos y por lo menos un arquillo de cada lado.

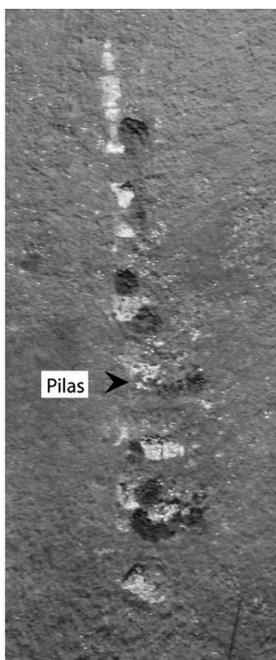
A lo largo de 580 m en línea recta no se ha realizado ningún trabajo de investigación. Sin embargo, para cruzar el arroyo del Alpariate al oeste sería necesaria la construcción de otro puente (Fig. 6). P. Paris también fotografió un pilar en pie y un fragmento de otro caído en el arroyo, que ahora se sitúan en un área privada y cerca del arroyo donde la vegetación es muy densa. Gracias a la utilización de un UAV provisto de una cámara fotográfica, logramos realizar un registro gráfico de los restos de este puente. Al noroeste, se puede identificar un muro que sostiene el canal; después, siete pilares cuadrangulares desplomados sobre su flanco; más al sur, a pocos metros, un octavo pilar igualmente caído, y en el lecho del

arroyo un fragmento de un pilar todavía en pie. Los restos son visibles a lo largo de unos 100 m. Una parte del puente fue destruida por la construcción de la carretera CA-2216. En la orilla sur del arroyo, en el sitio arqueológico, se mantiene un extremo del puente —que se desplomó en su flanco sur— y tiene 5,35 m de longitud. Está construido con bloques de piedra arenisca y mortero. Además, el canal está recubierto por una capa de *opus signinum*. La cimentación del muro sobresale ligeramente unos 7-8 cm. El muro tiene 1,60 m de altura, 1,40 m de longitud y 1,32 m sin su cimentación. El canal es de 0,30 m de ancho y sus paredes, norte y sur, tienen 0,47 m de grosor. El mortero tiene 7 cm de grosor en cada lado y 5 cm en el fondo. El sustrato geológico se compone de arcilla verde y presenta piedra arenisca con una fina capa de cuarzo en uno de los lados. Las losas que se localizan en el suelo sugieren que se utilizaron para cubrir el acueducto. De igual forma, se pueden ver al oeste las mismas losas sobre el acueducto, cerca de la muralla romana. Conforme a lo descrito por A. Jiménez (Jiménez 1973: 282), el puente del Alpariate mide 312 m de largo, pero realmente su longitud ronda los 200 m. A 160 m al oeste, una parte del canal subterráneo es visible y mide 0,46 m de ancho.

Para finalizar, 170 m aguas abajo un último puente permite cruzar el arroyo de Chorrera. Como en el



Puente del Alpariate del acueducto de Punta Paloma (Paris, 1923)



Vista desde un UAV del mismo puente al norte y al sur de la carretera CA-2216 (Foto. cellule Archéodrone-TRACES, 2013)



Figura 6. Acueducto de Punta Paloma: estructuras del puente del Alpariate en 1923 y 2013.

puente de Churriana, un pozo de resalto permite la conexión entre el muro que sustenta el canal y el puente tangencial. El muro, ahora derrumbado, tiene 0,80 m de altura y un poco más de 1 m de anchura, sobresaliendo 0,25 m. En la orilla este del arroyo, el pozo de resalto se mantiene en sus  $\frac{3}{4}$  partes. Todavía está recubierto de *opus signinum*. En la Antigüedad, el canal superior, sostenido por el muro, se situaba más alto que el canal de salida. El agua caía en un pozo profundo que mide 1,25 m respecto al canal inferior (no conocemos la altura respecto al canal superior). La altura total de este pozo de resalto es de 1,60 m y su diámetro es de 0,60 m, con mortero de 4 cm de grosor, incluyendo una capa muy fina de cal. Este mortero tiene una alta concentración de latericio. La pared, de 0,50 m de grosor, fue construida con bloques de piedra arenisca y mortero gris claro. El diámetro total del pozo es de 1,60 m. El canal sobre el puente de Chorrera se conserva a lo largo de 19,30 m, aunque falta la cubierta que se componía probablemente de losas de piedra arenisca. El canal de mampostería conserva el *opus signinum* interior y mide 0,30 m de ancho entre las paredes con mortero de 4 cm de espesor. Las piedras, lógicamente, son de dimensiones más pequeñas en las paredes en comparación con las de la base del puente. Las paredes varían entre 0,25 m y 0,40 m de ancho, con una altura media de 0,40 m. El puente tiene tres grandes arcos y dos arquillos. Los grandes arcos están bien conservados y son muy similares, y miden entre 1,95 m y 2,10 m de alto (así como los arquillos), oscilando la luz entre 3,63 m y 4,02 m (entre 0,91 m y 0,95 m para los arquillos). Grandes sillares de piedra arenisca constituyen la bóveda y sus paredes tienen bloques de tamaño mediano. Los pilares miden entre 2,24 m y 2,41 m de ancho y entre 2,97 m y 3,10 m de alto.

En el extremo del puente, hacia la muralla romana oriental de la ciudad, allí donde hay una cisterna, el canal subterráneo es visible a lo largo de 27,50 m y conserva su altura original. El grosor de las paredes oscila entre 0,38 m y 0,50 m y el *opus signinum* entre 4-5 cm. Está constituido por una capa de latericio y de un fino enlucido de color blanco. En la parte superior de las paredes forma un cordón de 0,15 m de ancho. El canal mide entre 0,33 m y 0,35 m, su anchura total es de 1,30 m y su altura total de 0,64 m. Al oeste conserva una cubierta de losas de piedra arenisca (0,65 x 0,25 x 0,10 m) unidas por un mortero de 2 cm de grosor. Se apoyan parcialmente sobre las paredes laterales del canal.

Al oeste, el acueducto pasa a través de la muralla oriental, al norte de la puerta oriental del *decumanus*. Fue construido probablemente después de la muralla, al igual que la cisterna que se sitúa dentro de la ciu-

dad, al final del acueducto de Punta Paloma. Su modo de construcción es muy peculiar y parece realizado con materiales reutilizados como piedra arenisca y caliza con mortero (con algunas inclusiones de latericio). Las paredes están encofradas y se pueden reconocer tejas modernas. Se trata probablemente de una estructura más antigua, reutilizada o reconstruida en la época post-romana. Merecería ser excavada para determinar con precisión la estratigrafía entre el muro, la muralla, el acueducto y la cisterna. La cisterna está bien conservada, ya que sólo su bóveda ha desaparecido. Las paredes del norte, sur y este se ven en la superficie y se distingue en ellas un recubrimiento liso sobre toda la parte superior (0,80 m). El interior está recubierto con mortero y presenta una puerta pequeña que mide 0,80 m de ancho con agujeros en la pared contigua. Las paredes se conservan con unas dimensiones de 1,50 m de alto —1,95 m considerando la parte de la bóveda—, 2,30 m de largo (este-oeste) y 2,20 m de ancho (norte-sur). Más allá no podemos dilucidar si el canal del acueducto se extiende hacia un *castellum aquae*.

Así, el acueducto de Punta Paloma se distingue por su gran longitud y por su construcción en general, ya que dispone de elementos arquitectónicos altamente sofisticados.

#### 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES HIDRÁULICAS DE *BAELO CLAUDIA*

Este primer análisis técnico de los sistemas de abastecimiento y almacenamiento de agua de la ciudad de *Baelo Claudia* permite poner de manifiesto la existencia de características similares a otras estructuras hidráulicas romanas presentes en la Península Ibérica y también en el occidente del Imperio romano. A continuación, se presentan dichas similitudes en detalle.

##### 4. 1. MATERIALES, TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN Y MODELOS

###### 4.1.1. *Los canales: varios tipos*

Los acueductos atraviesan terrenos de diferentes características. Ciertos indicios reflejan una adaptación de las técnicas al contexto y la utilización de materiales locales (Fig. 7). Por ejemplo, al principio de su recorrido el acueducto de Punta Paloma se sitúa en un terreno inestable de arenas y de dunas móviles. Fue construido con hormigón encofrado (calcarenitas y mortero) y recubierto con piedras convexas atadas a las paredes con juntas de mortero y piedras. El canal

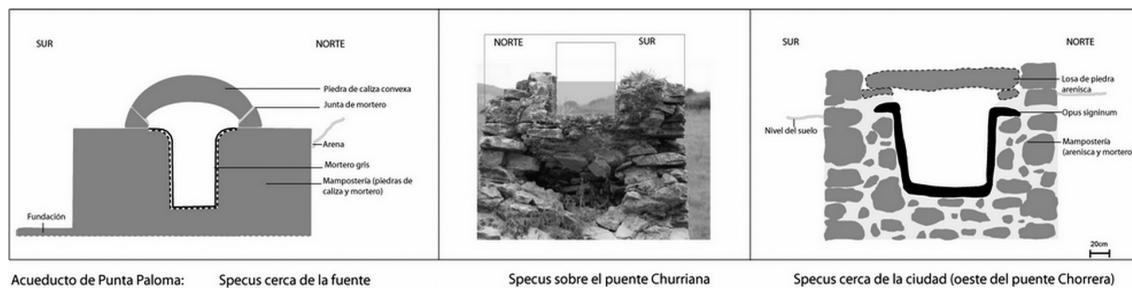


Figura 7. Canales del acueducto de Punta Paloma.

forma una impenetrable caja de protección del agua. Como lo indica J. L. Paillet (Paillet 2007: 28), este tipo de acueducto forma una viga indeformable sobre un terreno inestable.

Podemos también interesarnos por la forma particular de la cubierta convexa exenta de cargas verticales: ¿dicha forma es dictada por el material empleado? ¿acaso la calcarenita es demasiado desmenuzable para formar baldosas de cubierta? ¿es el contexto arenoso lo que determina esta forma tan peculiar? ¿se trata únicamente de la voluntad de los constructores? Se puede comparar la morfología de estas baldosas con el acueducto de Saintes (Francia), cuya cubierta está tallada en semicírculo en su interior (Bonicelle 2008: 28). La utilización de una cubierta convexa no está muy extendida en el mundo romano, ya que implica un trabajo de talla específica. El modo de la cubierta cambia a lo largo del trayecto del acueducto, convexo y llano. Consideramos que la primera técnica se emplea para constituir un canal hermético, en un contexto muy peculiar, el de las dunas móviles.

Después, hacia el puente del Conejo, el terreno continúa siendo inestable a causa de la arcilla y de la calcarenita; al acercarse a la ciudad el terreno está constituido de calizas, margas y arcillas. Los otros tramos del *specus* del acueducto fueron construidos en *opus caementicium*, encofrado sin paramentos específicos y de aspecto tosco (Seigne 1999: 82), excepto cuando pasa sobre un muro o un puente. En este caso, está construido en *opus caementicium* con paramentos regulares. Sólo a nivel de los puentes, las paredes del acueducto tienen paramentos con bloques regulares. En este contexto, la cubierta no se ha conservado.

El acueducto del Molino atraviesa terrenos constituidos de asperón, seguidos de arenisca y coluviones, después de arcilla y por último, de caliza, marga y arcilla. Cerca de la fuente, la técnica empleada para construir el *specus* es sorprendente: se trata de bloques monolíticos que se cimentan probablemente mediante juntas de arcilla (Paillet 2007: 30-31). Este conducto monolítico no es suficientemente grande para contener

el agua de una fuente abundante, y más bien se trata de un pequeño canal que abastece un acueducto más grande o se trata de la parte baja del canal (¿acotado por paredes construidas con mampostería?). Además, el modo de construcción cambia a lo largo de su trayecto, ya que en el sitio arqueológico el canal fue construido en mampostería y probablemente recubierto con losas. Estas diferencias técnicas se deben, probablemente, a la adaptación del canal al contexto geológico.

Es más difícil estudiar el acueducto de Realillo, porque no se conoce el modo de construcción del mismo. Solamente sabemos que atraviesa diferentes tipos de terreno: calizas areniscas, arcillas, calcarenitas, coluviones en la parte norte y cerca de la ciudad, calizas, margas y arcillas. Los pozos de resalto y el muro que soporta al acueducto fueron construidos en *opus caementicium* con paredes de bloques regulares (arenisca y mortero).

Además, el *opus signinum* no es empleado en todos los tramos de los canales, o en algunos casos no se conserva (tramos del Molino, de Punta Paloma). Algunas veces fue reemplazado por mortero blanco-gris. Por el contrario, la cisterna y uno de los pozos de resalto del acueducto de Realillo nos muestran un *opus signinum* de buena calidad, muy duro, con fragmentos de latericio bastante gruesos y una gran parte de mortero de cal. Para el acueducto de Punta Paloma, este mortero forma un cordón en la parte superior de las paredes; es un tipo poco empleado, pero se encuentra por ejemplo en el acueducto de la Brévenne en *Lugdunum-Lyon* (Francia) y en *Augustodunum-Autun* (Francia) (Burdy 2002a; Borau, 2010).

#### 4.1.2. Los puentes: algunos modos de construcción peculiares

En todos los casos, se aprecia que la construcción de los puentes y de los muros (*substructio*) que sostenían el canal es de buena calidad. Las piedras de



Pilar del puente del Conejo



Pilar del puente de Churriana



Muro del puente del Alpariate



Muro del puente de Chorrera

Figura 8. Los aparejos del acueducto de Punta Paloma.

las paredes de los pilares, así como las losas de las bóvedas, son regulares con juntas sobresalientes (Fig. 8). A diferencia de puentes más conocidos como el “Pont du Gard” en Nîmes (Francia) (FABRE *ET ALII* 2000) o el puente del Diablo en Tarragona (Costa Sole 2011) con arcos aparejados, los de *Baelo Claudia* se construyeron en *opus caementicium*, es decir que las bóvedas son encofradas. Según A. Ventura (Ventura Villanueva 1996: 21), el desarrollo del *opus caementicium* facilita la construcción de los acueductos, sobre todo a partir de la época augustea.

Existe bastante similitud entre ciertos puentes de *Baelo Claudia* (Fig. 9). Por ejemplo, el puente del Pulido del acueducto de Punta Paloma, únicamente conocido gracias a las fotos de P. Paris (Paris *ET ALII* 1923), se puede restituir con las mismas características que las del puente de Chorrera, con alternancia de grandes arcos y arquillos. El empleo de arquillos asociados con grandes arcos no es muy frecuente. Sin embargo se puede comparar con el acueducto de *Aqua Sexitana* (Almuñécar), que tiene arquillos muy parecidos (Sánchez López 2012: 246-247). También el puente (de carretera) de Mérida es muy interesante, puesto que sus arquillos “tienen como finalidad mejorar la capacidad de desagüe en caso de grandes avenidas, aliviando los empujes que ha de resistir el puente cuando el agua alcanza su nivel. [...] Su uso pervivirá en época imperial, a veces hasta el reina-

do de Trajano, aunque al construir pilares cada vez más esbeltos, tienden a desaparecer” (VV.AA. 2002: 144). Las comparaciones más pertinentes son las de los puentes de las vías romanas con desagüeros, gracias a que muchos de ellos tienen arquillos para luchar contra las crecidas de los ríos, por ejemplo los puentes de Villa del Río en Córdoba, de Vial Ruiva (Portugal) y el de “Pont Julien” (Francia) (Duran Fuentes 2005: 38, 56).

Los arquillos de los puentes de Chorrera y del Conejo, en *Baelo Claudia*, se sitúan a casi 8 m de altura respecto al lecho del arroyo, y claramente tienen un papel diferente ya que son arcos de aligeramiento. Según este principio relativo a la construcción, podemos relacionar el acueducto de Punta Paloma con el de Metz (Francia), puesto que las partes vacías prevalecen sobre aquellas que están llenas (Lefebvre 1997: 414). Para A. Jiménez (Jiménez 1973: 292), estos arquillos también se construyen debido al fuerte viento que azota este sector, y que podría dañar las estructuras aéreas<sup>4</sup>. Aún así, este tipo de arquitectura es muy poco empleado.

La morfología y la anchura de estos puentes están ligadas a las dimensiones de los valles que atraviesan,

<sup>4</sup> A. Trevor Hodge (Trevor Hodge 2002: 144) evoca el problema del viento, particularmente en el caso del acueducto de Cherrhell.

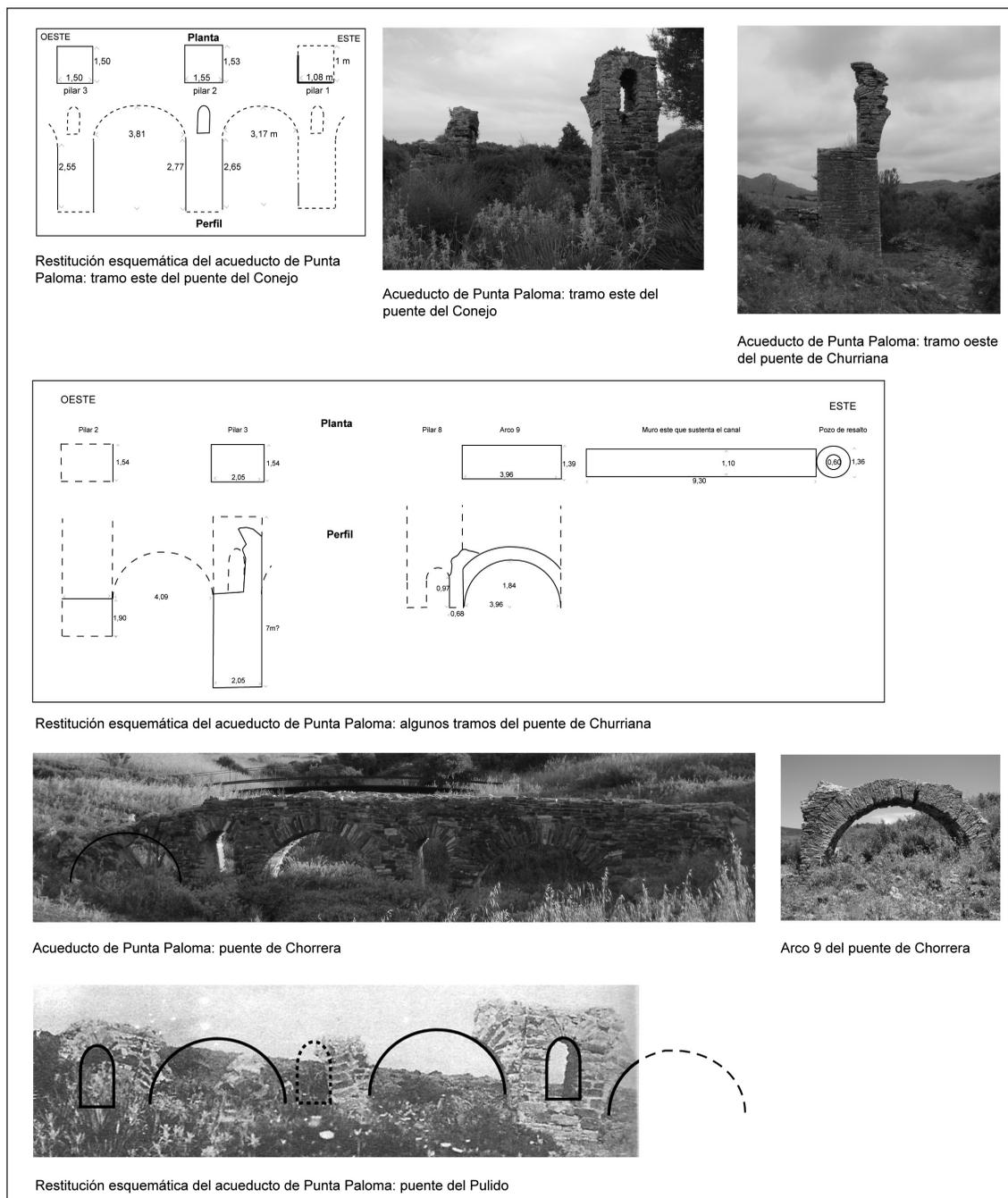


Figura 9. Comparación de los arcos y pilares de los diversos puentes del acueducto de Punta Paloma.

pero también al caudal de los ríos. Según L. Ménanteau, J.R. Banney y C. Zazo Cardaña (Dardaine *et alii* 1983: 86), se puede comparar el régimen de los arroyos de *Baelo Claudia* con uadis del Rif (Marruecos) que se caracterizan por una relativa torrencialidad, ya que están sometidos a estiaje en verano y pueden

experimentar crecidas en invierno (de diciembre a febrero).

Generalmente, los pilares de los acueductos son simples, como en el caso del acueducto de Almuñécar, de Itálica o del Gier (Lyon, Francia) (Roldan Gómez 1993; Burdy 2002a). Los puentes que sopor-

Acueducto	Estructura	Punto	Longitud	Anchura	Diámetro	Altura	Luz entre pilas	Según Jiménez	Según Sillières
Paloma	arco 1 Chorrera	30131				1,95	3,63		3,58
Paloma	arco 1 Conejo (desaparecido)	30105					3,17	2,62-3,35	
Paloma	arco 2 Chorrera	30133				2,1	4,02	3,9	3,87
Paloma	arco 2 Churriana (desaparecido)	30117					4,09		4,2
Paloma	arco 2 Conejo (desaparecido)	30106					3,81		
Paloma	arco 7 Churriana	30113		1,39		1,84	3,96		
Paloma	arco Alpariate	x						8,2	
Paloma	arquillo 1 Chorrera	30132				2,1	0,91		
Paloma	arquillo 2 Chorrera	30134				2	0,95		
Paloma	arquillo Churriana	30113		1,39		0,97	1,67		
Paloma	arquillo Conejo	30106					0,5		
Molino	canal	10102	2,1	0,38		0,24			
Molino	canal	10104	100	0,35		0,42			0,4x0,4
Paloma	canal	30103	18	0,46		0,4			0,38x0,4
Paloma	canal	30127	8,2	0,46					
Paloma	canal Alpariate	30126	5,25	0,3					
Paloma	canal Chorrera	30130	19,3	0,3		0,4			0,42x0,56
Paloma	canal Chorrera	30136	12,5	0,33-0,35		0,52			
Realillo	cisterna	20106	28	4,16-4,6		5		25,4	
Paloma	cisterna Chorrera	30138	2,3	2,2		1,95			
Realillo	muro	20105	9	1,12		1			
Paloma	muro	30128	10	1-1,25		0,8			
Paloma	muro Alpariate	30126	5,25	1,32-1,4		1,6			
Paloma	muro Churriana	30112	9,3	1,1		2			
Paloma	muro Churriana	30120	4	1,35		1,4			
Paloma	pila 1 Chorrera	30132	2,24	1,45		3,1		3,6	
Paloma	pila 1 Churriana	30118		1,54		1,8			
Paloma	pila 1 Conejo	30105	1,08	1		1,03			
Paloma	pila 2 Chorrera	30134	2,41	1,45		2,97			
Paloma	pila 2 Churriana	30117	2,05	1,54		7			2,1x1,35x7
Paloma	pila 2 Conejo	30106	1,55	1,53		4		1,18-1,62 x 1,5	
Paloma	pila 3 Churriana	30116	2,12	1,35		5,2			
Paloma	pila 3 Conejo	30107	1,5	1,5		3			
Paloma	pila 4 Churriana	30115		1,36		3,3			
Paloma	pila 6 Churriana	30114	2,06	1,48		1,5			
Paloma	pila 7 Churriana	30113	1,67	1,39		1,84		2,06-2,17x1,36	
Paloma	pila Alpariate	x						2,7x2,6	
Realillo	pozo de resalto	20102		0,48-0,50	0,95	1,3		8,8	
Realillo	pozo de resalto	20104		0,8	0,9	1,6			
Paloma	pozo de resalto	30111		0,38	0,6	0,9			
Paloma	pozo de resalto	30129		0,5	0,6	1,25		0,62	0,62

Figura 10. Cuadro comparativo de las dimensiones de las estructuras de cada acueducto.

tan los canales y cruzan los ríos son bastante bajos con grandes arcos, como el puente de Alcanadre-La Rioja (Ángeles Mezquiriz 1979: 139-147) —5 m de altura y arcos de 4,80 m de luz—, Cahors en Francia (Rigal 2012: 451) —5 m de altura y arcos de 7,50 m de luz—, o son altos y tienen dos o tres niveles de *arcuaciones* más o menos anchos como el acueducto de Los Milagros de Mérida (FEJOO MARTÍNEZ 2005; Pizzo 2015) – 30 m de altura y arcos de 4,50 m de luz con tres niveles —o de Segovia— 28 m de altura y arcos de 5 m de luz con dos niveles (Trevor Hodge 2002: 131). En *Baelo Claudia* todos los puentes tienen sólo un nivel de *arcuaciones*, con una altura estimada de 7 m para el puente de Churriana y quizás 8 m para el del Conejo.

Podemos precisar un aspecto del proceso de construcción de los puentes del acueducto de Punta Paloma, ya que en ciertos casos observamos que las cimbras se apoyan en impostas. Esto se da a menudo cuando los constructores no pueden instalar un puntal directamente sobre el suelo (lecho del río). Tenemos el caso del puente de Churriana, donde hay una imposta en la base del arco 3, mientras que no existe sobre

el arco 9 donde los puntales podían apoyarse sobre el suelo (Adam 2008: 189-190).

#### 4.1.3. ¿Qué aporta el análisis de las dimensiones de las estructuras hidráulicas?

Se observan algunas similitudes entre las estructuras (Fig. 10). Primero, los canales de los tres acueductos son estrechos, 0,33 m de ancho para el acueducto del Molino y 0,46 m para el canal de Paloma, reducido a 0,30 m aproximadamente cuando pasa sobre un puente.

En 1977, M. Bailhache<sup>5</sup> (Bailhache 1983: 19-49) propuso una clasificación de los acueductos en tres categorías, con arreglo a su sección: los de gran sección, superior a 1 m<sup>2</sup>; los de sección intermedia entre 1 m<sup>2</sup> y 0,50 m<sup>2</sup>; y los de sección pequeña, inferiores a 0,50 m<sup>2</sup>. Siguiendo esta metodología, es posible

<sup>5</sup> Estudios más recientes utilizaron esta clasificación separando los acueductos de grandes secciones de los de pequeñas, es decir superiores o inferiores a 1 m<sup>2</sup>.

evaluar las secciones de los tres acueductos. El del Molino mide 0,066 m<sup>2</sup> (0,33 x 0,20 m), y el de Punta Paloma 0,184 m<sup>2</sup> (0,46 x 0,40 m). Para el acueducto de Realillo, no se conocen las dimensiones del canal, pero el muro que lo carga mide 1,12 m de ancho. Si lo comparamos con los otros dos acueductos, las paredes se pueden estimar en 0,30 m o 0,40 m de grosor, es decir, un canal estimado entre 0,32 m y 0,52 m de ancho, probablemente con una altura similar. Por consiguiente, su sección se sitúa entre los 0,102 m<sup>2</sup> y 0,270 m<sup>2</sup>.

Naturalmente, la sección en contacto con el agua de cada acueducto es todavía inferior, pues generalmente el nivel de agua en los acueductos se sitúa en la mitad o en los tres cuartos del canal. Para el cálculo de la sección en contacto con el agua se necesita conocer la altura de agua en el canal, dato que por ahora ignoramos. Asumimos que si los constructores realizaron canalizaciones de tal sección, debía ser porque conocían el flujo débil de las fuentes. En la década de 1980 se realizaron estudios hidrogeológicos sobre la distribución de los manantiales en el sector de *Baelo*, que demostraron la presencia de aguas subterráneas locales de flujo débil —algunos litros por segundo—, pero sin embargo constante durante el verano. El acuífero de Punta baja es un buen ejemplo de ello (Dardaine *et alii* 1983: 88). Por consiguiente, los acueductos de *Baelo Claudia* pertenecen a la categoría de los acueductos de pequeña hidráulica.

En comparación, hay una diferencia sustancial entre los canales de estos acueductos y el de Gades. Este último, construido en zanja, es de *opus caementicium*, revestido de un mortero de cal y arena y con una bóveda formada por ocho tablones de 8 ó 9 cm de ancho sobre una cimbra (Lagostena Barrios *ET ALII* 2009: 149). Mide 1,70 m de alto en la clave de la bóveda, 0,50-55 m de ancho y 0,55 m de grosor de paredes (Lagostena Barrios *ET ALII* 2009: 147-148). La sección del canal es de 0,935 m<sup>2</sup>. Estas dimensiones permiten suponer que un hombre puede ponerse de pie para inspeccionar el interior de la canalización. No es el caso del de *Baelo Claudia*, pues no necesita pozo de registro, como en el caso de Gades (Lagostena Barrios *ET ALII* 2009: 151). Pueden citarse muchos ejemplos similares (Mérida, Lyon, Autun...).

Asimismo, las dimensiones de los muros que soportan el canal son bastante regulares y miden entre 1 m y 1,35 m de ancho, como los acueductos de Punta Paloma y de Realillo.

Los pozos de Realillo miden 0,95 m de diámetro y los de Punta Paloma 0,60 m. La diferencia de dimensiones entre los pozos puede estar en relación con la cantidad de agua transportada al mismo tiempo que con la pendiente. Estas dimensiones son muy

importantes porque son similares a las de los pozos del acueducto de Córdoba. En cambio, si comparamos los pozos de resalto de *Baelo Claudia* con los otros acueductos del Imperio Romano, comprobamos que son pozos de menor tamaño, como por ejemplo los de Cherrchell, Lyon, Autun.

En los puentes, las luces entre los arcos miden 3,63 a 4,02 m en el de Chorrera, 3,81 m en el del Conejo y entre 3,96 m y 4,09 m para el de Churriana. En comparación, la luz de algunos arcos del acueducto de San Lázaro en Mérida es también de 3,56 m (Pizzo 2015). La diferencia de luz indica que las cimbras no son reutilizadas sistemáticamente de un arco al siguiente o de un puente a otro; en consecuencia se requiere un mayor esfuerzo por parte de los constructores y aumenta por tanto el coste del trabajo y el abastecimiento de materiales (particularmente madera) (Adam 2008: 189-190). Las dimensiones de los pilares varían en el mismo puente: las pilas del de Churriana miden 1,54 m, 2,05 m, 2,06 m, 2,12 m de longitud, y la anchura de la mayoría de ellas sólo varía entre 1,35 m y 1,54 m.

Para este mismo, observamos que la apertura del arco 2 del puente de Churriana corresponde al doble de la anchura del pilar 3. Los pilares del Conejo son cuadrangulares y presentan dimensiones que oscilan entre 1,50 m y 1,54 m de ancho y largo, similares a las de Churriana.

Así, podemos plantearnos cuestiones relativas al hecho de que ciertos puentes se parecen pero sin embargo no tienen los mismos módulos. El ulterior desarrollo de las investigaciones y el análisis metroológico de los puentes podrían posiblemente permitir la determinación de los módulos y arrojar luz sobre la existencia de normas, lo cual ya ha sido demostrado en el acueducto del Gier en Lyon (Burdy 2002b: 81-84). Por ejemplo, en España esta normalización es evidente en el caso del acueducto de Andelos, cuyo puente, que posee una anchura de 3 m y está constituido por 108 arcos, atraviesa el Ebro. Todos los arcos miden 4,80 m de luz y las pilas 1,10 m de ancho (Dupré 1997: 727).

#### 4.1.4. “¿Cisterna, piscina limaria, castellum aquae?”

Además, el desarrollo de esta investigación permitió revisar la interpretación de dos estructuras consideradas hasta ahora como cisternas, que constituían el punto final del recorrido de los acueductos. La primera se sitúa en el de Punta Paloma, contra la muralla; podría corresponder a un estanque de decantación (*piscina limaria*) que quizás podría compararse con un estanque idéntico al del acueducto de los Milagros

de Mérida (Pizzo 2015). Por el momento, es sólo una hipótesis de trabajo que necesita ser confirmada por una excavación arqueológica con el fin de identificar el punto de unión entre el acueducto y esta estructura.

Asimismo, la cisterna que constituye el final del acueducto de Realillo (Fig. 11) es en realidad un verdadero *castellum aquae* —cuyos ejemplares reconocidos en el mundo romano son todavía poco frecuentes— y es muy parecido al de Ostia en Italia (Buckowieki *et alii* 2008) y al de Itálica en España (Roldan Gómez 1993). En efecto, este hallazgo constituye un descubrimiento inédito. El *castellum aquae* de *Baelo Claudia* mide 28 m de largo y entre 4,16 y 4,60 m de ancho en su interior —incluyendo el grosor de las paredes, serían 29,9 m de largo y entre 6,06 m y 6,50 m de ancho. Su profundidad es de 5 m. En comparación con los depósitos de agua de Itálica u Ostia, el agua no llegaba hasta la bóveda (560 m<sup>3</sup>); de esta manera, su capacidad rondaría los 322 m<sup>3</sup> (28 x 4,60 x 2,50 m). La población de *Baelo Claudia* se estima en 2000 habitantes (Alarcón Castellano 2009: 184), de modo que se infiere que, hipotéticamente, cada habitante dispondría de 161 litros de agua.

Podemos comparar este depósito de agua con el de Itálica (Caballos Rufino *et alii* 2002: 64), que es de planta rectangular y mide 28,40 m de largo y 14,55 m de ancho. Tiene tres compartimentos paralelos, cada uno cubierto por una bóveda. Los muros perimetrales tienen contrafuertes hacia el interior y hay una escalera que permite entrar en el depósito. Su capacidad se estima en 900 m<sup>3</sup>, ya que el nivel de agua se sitúa alrededor de los 2,17 m. La construcción de este depósito se realizó probablemente al mismo tiempo que la del acueducto fechado para el siglo I d.C. Hacia el siglo II, la ciudad cubría una superficie de 14 hectáreas. A partir del reino de Adriano, alcanzó 52 hectáreas para reducirse de nuevo a 27 hectáreas a finales del siglo III o a principios del siglo IV (Caballos Rufino *et alii* 2002: 62). Por otra parte, el *castellum aquae* de Ostia (Buckowieki *et alii* 2008) es más grande y tiene como medidas 62 m de longitud, 6,50 m de anchura y 4,50 m de altura aproximadamente. Por un lado se apoya en la muralla tardo-republicana, y por el otro lado queda reforzado por veinte contrafuertes a los que se suman otros tres en el lado oeste, de dimensiones más reducidas. Se han identificado seis fases diferentes. El nivel del agua se sitúa a 2,10 m, es decir a la mitad de la altura total. La capacidad de embalse se estima en unos 845 m<sup>3</sup>. Está fuera de la superficie pero tiene una escalera de acceso, y su construcción, que coincide sin duda con la organización de un barrio en el norte del *decumanus* a finales del siglo I, se corresponde con

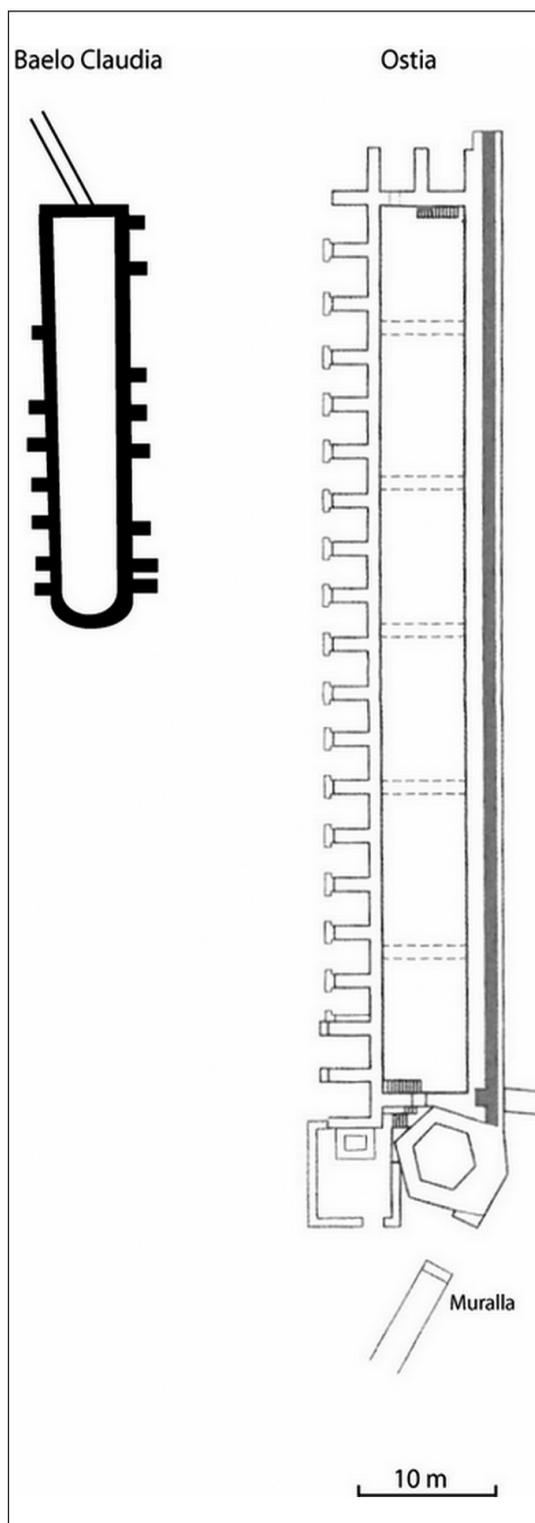


Figura 11. Los *castellum aquae* de *Baelo Claudia* y Ostia (Borau; Bukowiecki *et alii* 2008).

la época de Domiciano, es decir, hacia finales de la época flavia. Fue modificado en repetidas ocasiones, particularmente en la época adrianea. En su apogeo durante el siglo II, la población se estima en 50000 personas, que disponían aproximadamente de 18 litros de agua por cabeza.

4.1.5. *Problemas de pendiente: los pozos de resalto, una solución original*

Los pozos observados en *Baelo Claudia* no son de registro, si no de resalto. En efecto, están colocados en

emplazamientos específicos, generalmente en terrenos de fuerte pendiente, y dispuestos, en ciertos casos, por encima de los puentes (Fig. 12-13). Estos pozos, además de frenar el paso del agua, también podrían cumplir la función de almacenaje de sedimentos e impurezas.

Este trabajo pone de manifiesto las fuertes pendientes y los problemas de nivelación de cada acueducto. Conocemos la pendiente global de cada uno, pero no conocemos la del canal con precisión. En los acueductos de Realillo y del Molino, se calculó la pendiente en línea recta entre la fuente y las estructuras dentro de la ciudad, aunque ésta no se corres-

Acueducto	Longitud	Altitud max.	Altitud min.	Pendiente	Numero y tipo de obras aéreas	Dimensiones de los pozos (Diam.Alt.)	Dimensiones de los puentes (Long. Alt.)
Molino	1460 m(?)	144 m	4 m	96 m/km	1 puente		más de 2 x 0,4 m
Realillo	2300 m(?)	158 m	35 m	53,4 m/km	3 (?) pozos de resalto	0,95 x 1,3; 0,9 x 1,6 m	
Paloma	5200 m(?)	65 m	16 m	9,4 m/km	2 (?) pozos de resalto y 5 puentes	0,6 x 0,9; 0,6 x 1,25 m	112(?) x 6; 76(?) x 10; 65(?) ; 200(?); más de 19 x 3,2 m

Figura 12. Cuadro comparativo de las pendientes de los acueductos.

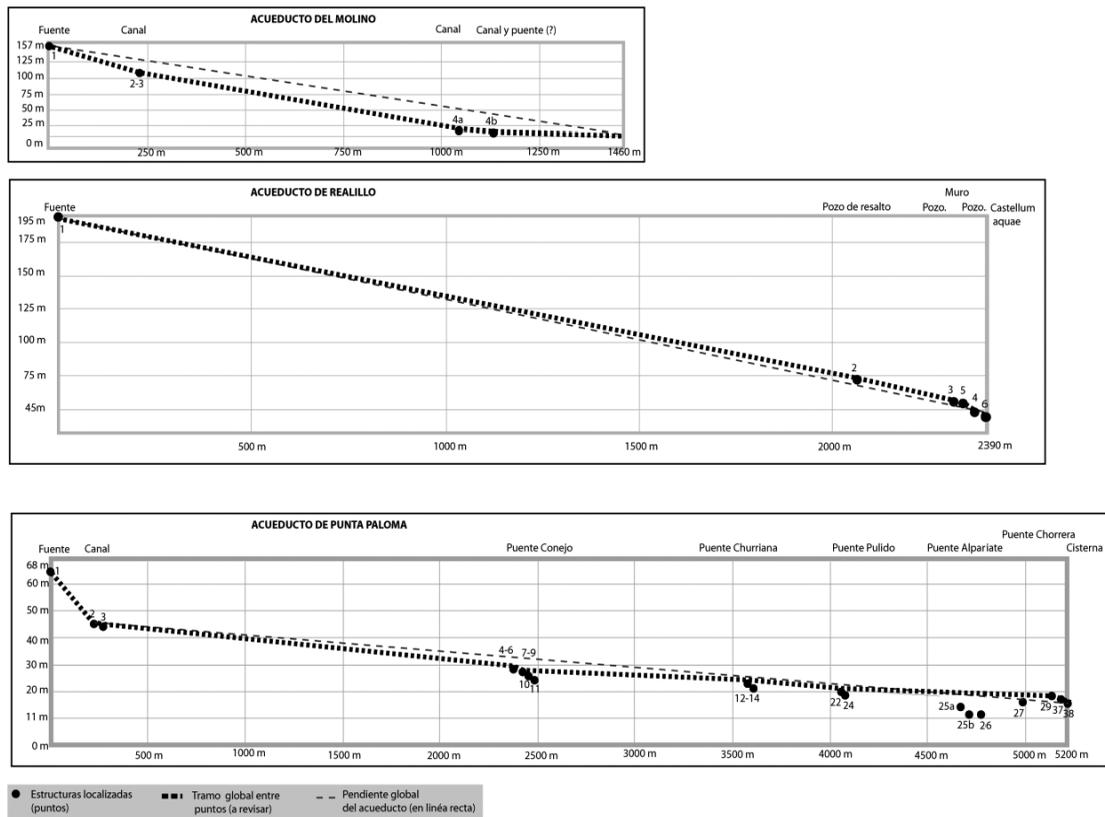


Figura 13. Perfil longitudinal de los terrenos y de los acueductos.

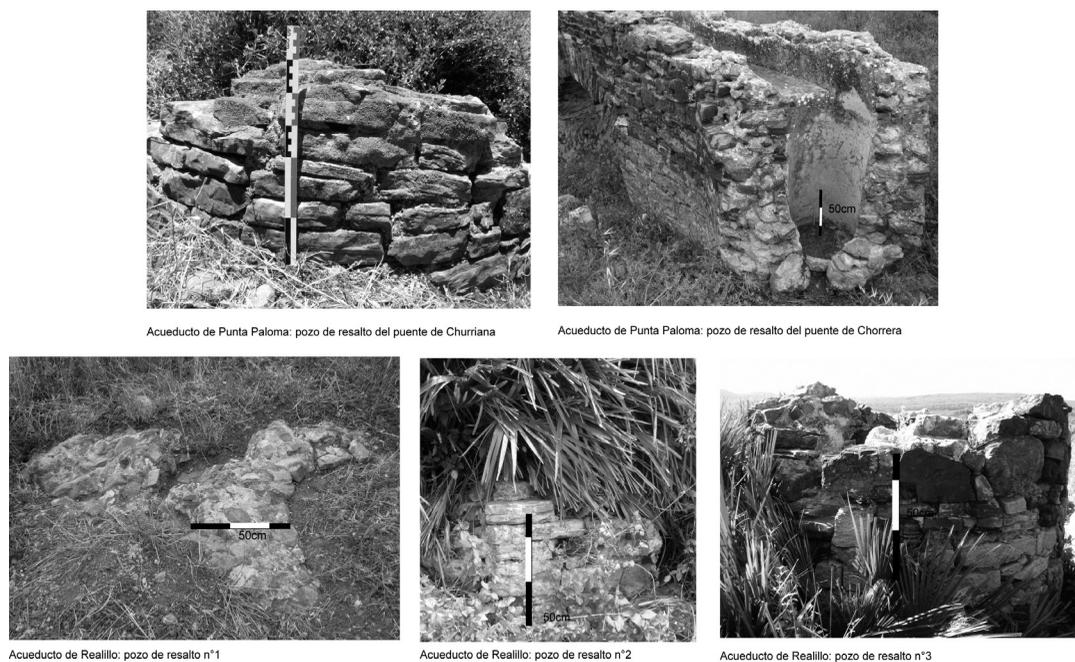


Figura 14. Pozos de resalto de los acueductos de Punta Paloma y de Realillo.

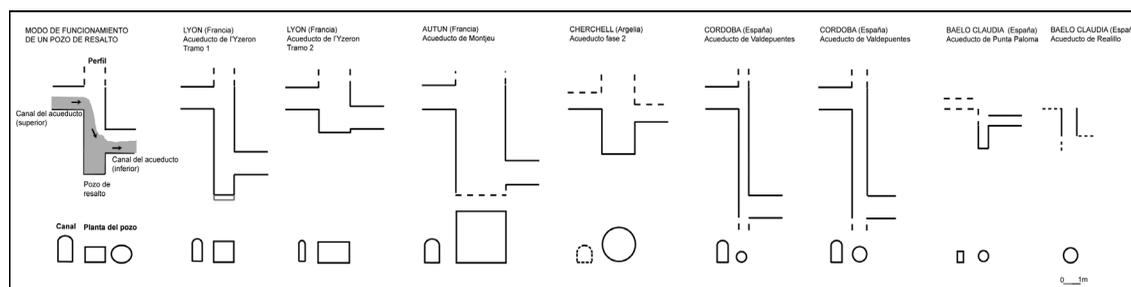


Figura 15. Propuesta de tipología de los pozos de resalto romanos.

ponde con el verdadero recorrido. Aun así, permite hacerse una idea del contexto topográfico en el cual los acueductos fueron construidos.

Sin embargo, la pendiente de los acueductos puede variar. En efecto, existe una gran diferencia entre la pendiente teórica y la que nos encontramos en la práctica: por ejemplo, según Plinio, la pendiente debe ser de 0,21 m/km (Plinio, *N.H.*, XXXI 57), mientras que para Vitruvio debe ser de 5 m/km (Vitruvio, VIII, VI, 1). Aunque sería necesario realizar un levantamiento topográfico más preciso de cada acueducto, con estos primeros datos podemos entender la necesidad de construir tales estructuras en *Baelo Claudia* para disminuir la velocidad del agua. La originalidad de estos acueductos reside en la presencia de pozos de resalto, que constituyen una de las manifestaciones

más significativas de la habilidad de los ingenieros romanos. La finalidad del pozo de resalto (Fig. 14-15) es salvar un fuerte declive manteniendo la continuidad de una canalización, gracias a la construcción de un pozo semienterrado (Chouquer y Favory 1992; Chan-son 1998). El canal del acueducto (canal superior) se conecta a un pozo de profundidad variable en el que en su base presenta un canal de salida (canal inferior). Cuando la inclinación del terreno es demasiado fuerte, varios pozos son asociados formando una cascada de pozos de resalto, y así este dispositivo permite disminuir la velocidad de la corriente dentro del canal. Después de esta caída brusca, el agua tiene un flujo gravitacional normal. Los estudios sobre este tipo de dispositivo son todavía muy escasos. Estas prospecciones permitieron reconocer un número importante



Figura 16. Comparación de las características del puente de Chorrera (acueducto de Punta Paloma) con el acueducto de Almuñécar (*Aqua Sextiana*).

de pozos de resalto en dos de los tres acueductos (tres en Realillo y dos en Punta Paloma) y establecer un nexo evidente entre estos “ralentizadores” y los puentes. Esta característica se encuentra también en los acueductos de Córdoba en España, de Cherrhell en Argelia y de Zama en Túnez<sup>6</sup>. Por primera vez, podemos proponer un esquema comparativo de estos pozos, en particular con los de Lyon (Burdy 2002a: 129-134), Autun (Borau 2010: 182; Borau 2015: 61-65), Cherrhell (Leveau y Paillet 1976: 185), Ruscade (Birebent 1962) y Córdoba (Ventura Villanueva 1993: 75), lo cual evidencia la difusión de estos modelos técnicos. Se puede profundizar aún más en esta reflexión al preguntarnos si estos pozos o caídas —al disponerse antes de un puente— no podrían constituir un dispositivo de unión para conectar el canal subterráneo con dicho puente, el cual habría sido construido independientemente del canal subterráneo y no a continuación, en el sentido de circulación de agua. Además, están dispuestos sistemáticamente justo cuando la canalización cambia de dirección. Así, dentro del catálogo de soluciones técnicas a su disposición, los constructores romanos utilizaron como “mecanismo de unión” el pozo de resalto. Por el momento, es una hipótesis de trabajo y sabemos que esta investigación debe ser profundizada, porque existe probablemente un número mucho mayor de acueductos provistos de pozos de resalto de lo que se piensa, tal y como se prevé para el acueducto de *Sexi* (Almuñécar) (Sánchez López 2012: 219), cerca de *Baelo Claudia*.

<sup>6</sup> Existen diferentes tipos de “ralentizadores”: en el caso de Zama, es lo que se llama “caída en escalera” (Borau 2015: 61; Ferjaoui *et alii* 2014).

#### 4.2. CRONOLOGÍA: NUEVAS PROPUESTAS

Siempre es difícil datar un acueducto. Sin embargo, ciertas características arquitectónicas nos permiten formular y confirmar algunas hipótesis. En primer lugar, en el estado actual de nuestros conocimientos, la datación propuesta por P. Sillières (Sillières 1995: 151-152) para el acueducto del Molino parece la más lógica. Hay una relación evidente entre esta canalización (como hemos visto, sólo puede abastecer la ciudad baja) con la construcción de las termas del siglo II.

También hemos demostrado que la presencia de pequeños arcos no era frecuente en los acueductos y, gracias a exhaustivas comparaciones, inferimos que dichos dispositivos son bastante “arcaizantes”. P. Sillières señala este aspecto. Por otra parte, el acueducto de *Sexi* (Fig. 16), dotado de los mismos arquillos, está datado en la primera mitad del siglo I d.C., y sus termas, en conexión directa con el acueducto, se corresponden con la segunda mitad del mismo siglo (Sánchez López 2012: 28).

Igualmente, el estudio de varios acueductos provistos de pozos de resalto demostró que el acueducto de Valdepuentes en Córdoba fue construido en la época augústea (Ventura Villanueva 1993: 145-151), mientras que en Cherrhell la instalación de éstos se corresponde con la rectificación del trazado del primer acueducto edificado en el siglo I d.C., y de esta forma, data de la primera mitad del siglo II (Leveau y Paillet 1976: 46, 77, 142). Además, hemos propuesto situar la construcción del acueducto de Montjeu en Autun —para el cual se empleó esta tecnología— en la época de Vespasiano. Esta datación se realizó gracias al hallazgo de una moneda en el siglo XIX en la mampostería de uno de los pozos de resalto (Borau 2015: 67).

Hemos observado que el acueducto de Punta Paloma parece atravesar la muralla, que de hecho es posterior. Esta parte de la muralla está fechada, y por consiguiente el acueducto podría ser de la segunda mitad del siglo I d.C., lo cual corresponde al período de desarrollo de la ciudad, como también lo suponía P. Sillières (Sillières 1995: 151-152) y después F. Alarcón (Alarcón Castellano 2009: 184). Proponemos que el acueducto de Punta Paloma fue edificado en la época flavia.

Ha sido más difícil realizar la datación del acueducto de Realillo<sup>7</sup>, el cual presenta también pozos de resalto, aunque lo que suscita un mayor interés es el emplazamiento de su *castellum aquae*. Como podemos observar en el mapa, el *castellum aquae* y el acueducto fueron los que abastecían de agua la superficie más grande de la ciudad. Además, su construcción se realizó en el momento en el que se fijaron los límites urbanos datados de la época augustea —el *castellum aquae* se establece voluntariamente en la parte alta de la ciudad— y se corresponde con el desarrollo de la urbe (como en Ostia) entre la época de Claudio y el siglo II d.C.

## CONCLUSIÓN

El objetivo de esta primera campaña de prospecciones ha sido proponer, por vez primera, un inventario sistemático que comprendiese todas y cada una de las estructuras visibles en la superficie y también evaluar la importancia de estos vestigios todavía poco conocidos. En algunos casos, cuando el acceso era complicado, un UVA permitió la identificación precisa de las estructuras arqueológicas. Comparamos las observaciones realizadas en el siglo XX con nuestros propios hallazgos y también con el cambio del paisaje.

Así, este trabajo permitió hacer una primera evaluación e impulsar nuevos ejes de investigación. Por ejemplo, permitió estudiar algunas técnicas de construcción, subrayar las similitudes entre los puentes y también analizar los diferentes tipos de canales y su adaptación a los diversos contextos geológicos (arena, arenisca, etc.).

Establecimos una serie de comparaciones con los acueductos de Francia, España, del norte de África y de Italia, y logramos proponer una nueva interpretación de la gran cisterna que conforma un auténtico *castellum aquae*. Este primer análisis demuestra la

difusión del conocimiento técnico de los ingenieros romanos y las semejanzas con los acueductos de la Bética, en particular, los de Córdoba y *Sexi*.

Igualmente, presentamos una primera cartografía de las redes hidráulicas y de las zonas abastecidas en la ciudad. Esto demuestra la existencia de una red bien organizada que permite cubrir los dos tercios del territorio de la ciudad romana. El futuro proyecto se orientará hacia la comprensión y el estudio de la organización de dicha red en la ciudad, y tratará de justificar la presencia simultánea de tres acueductos: ¿la existencia de éstos radica en la insuficiencia del flujo de las fuentes, en el aumento de la población o en otros factores diferentes a los anteriores?

La primera nivelación de los acueductos pone de manifiesto las incoherencias topográficas y, por lo tanto, la necesidad de realizar una nivelación más precisa. Este trabajo está directamente relacionado con el problema de los pozos de resalto, que son estructuras tan específicas que permiten formular nuevas hipótesis sobre la cronología de los acueductos.

Ulteriormente analizaremos también el abandono de los acueductos, que podría ser consecuencia de movimientos sísmicos (por ejemplo, el colapso del canal cerca del puente de Chorrera), o de problemas relativos a la inestabilidad del terreno. Además, se establecerá el recorrido completo de cada acueducto, con el objetivo de estudiar con mayor precisión las características arquitectónicas (técnicas de construcción, módulos) gracias a lecturas por fotogrametría (con el UAV, por ejemplo).

Hasta la fecha, no se ha realizado ningún trabajo sistemático sobre la identificación de todos los tramos de los acueductos. Por lo tanto, esta evaluación inicial —que permitió actualizar el conocimiento que teníamos sobre la ciudad— debe continuarse y ser profundizada de ahora en adelante para determinar las relaciones existentes entre estos acueductos y el sistema de agua dentro de la ciudad romana (Evans 1994). Más allá de ser un recurso fundamental y necesario, el agua cumple también un papel simbólico que representa la adopción de estilo de vida romano.

Así, la ciudad de *Baelo Claudia* es un sitio arqueológico excepcional donde se puede observar, en buenas condiciones, la difusión de modelos técnicos itálicos desde la cuenca mediterránea hasta la costa atlántica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adam, J.P. 2008: *La construction romaine*, Paris.  
 Alarcón Castellano, F. 2009: "Agua para la vida en una ciudad romana: el sistema hídrico en *Baelo Claudia*", L.G. Lagóstena Barrios y F. de B. Zuleta

<sup>7</sup> Para F. Alarcón Castellano, la similitud de técnicas de construcción del acueducto de Realillo con la de Punta Paloma le hace suponer una construcción en la época julio-claudia (Alarcón Castellano 2009: 180).

- Alejandro, *La captación, los usos y la administración del agua en Baetica: estudios sobre el abastecimiento hídrico en comunidades cívicas del Conventus Gaditanus*, Cádiz, 171-202.
- Álvarez Rojas, A., Castiñeira Sánchez, J., María Troya Panduro, A. y F. Alarcón Castellano 2007: *Baelo Claudia: guía oficial del conjunto arqueológico*, Sevilla.
- Ángeles Mezquíríz, M. 1979: "El acueducto de Alcanadre-Lodosa", *Trabajos de Arqueología Navarra* 1, 139-147.
- Bailhache, M. 1983: "Étude de l'évolution du débit des aqueducs gallo-romains", J.°P.°Boucher (dir.), *Journées d'études sur les aqueducs romains. Lyon (26-28 mai 1977)*, Paris, 19-49.
- Birebent, J. 1962: *Aqua Romanae, Recherches d'hydraulique romaine dans l'est Algérien*, Alger.
- Bonicelle, J. y L. 2008: "L'aqueduc de Saintes, mémoires et recherches", *Les cahiers de l'aqueduc* 1, 19-34.
- Borau, L. 2010: *Les structures hydrauliques chez les Éduens à l'époque antique. Les sites de Bibracte et d'Augustodunum-Autun. Analyse complémentaire des sites éduens de Bourgogne*, Thèse de doctorat, Paris, Université Paris-Sorbonne Paris IV. <http://www.e-sorbonne.fr/theses/les-structures-hydrauliques-chez-les-eduens-l-epoque-antique-les-sites-bibracte-d-augustodunu>
- Borau, L. 2015: "Réflexions autour de la construction des puits de rupture de pente des aqueducs: mise en perspective des résultats obtenus à Autun (Augustodunum)", L. Borau y A. Borlenghi (dir.), *Aquae ductus. Actualité de la recherche en France et en Espagne, Actes du colloque international, le 15-16 février 2013 à Toulouse*, Supplément Aquitania 33, 49-68.
- Bukowiecki, E., Dessales, H. y J. Dubouloz 2008: *Ostie, l'eau dans la ville. Châteaux d'eau et réseau d'eau*, Collection de l'École Française de Rome 402, Rome.
- Burdy, J. 2002a: *Les aqueducs romains de Lyon*, Lyon.
- Burdy, J. 2002b: "Méthodologie et problématique en archéologie. La normalisation dans la construction de l'aqueduc du Gier à Lyon", *Atti del convegno internazionale su metologie per lo studio della scienza idraulica antica, Ravenna, 13-15 maggio 1999*, Rivista di studi sull'idraulica storica I, 81-84.
- Caballos Rufino, A., Marín Fatuarte, J. y J.M. Rodríguez Hidalgo 2002: *Itálica arqueológica*, Ediciones especiales 25, Sevilla.
- Chanson, H. 1998: "Hydraulics of Roman Aqueducts: Steep Chutes, cascades, dropshafts. Department of civil engineering", *Research report series*, 47-77.
- Chouquer, G. y F. Favory 1992: *Les arpenteurs romains*, Paris.
- Costa Sole, A. 2011: "El agua en Tarraco", *Aquae sacrae. Agua y sacralidad en la antigüedad, Acta de la reunión internacional*, Girona, 141-166.
- Dardaine, S., Menanteau, L., Vanney, J.°R. y C. Zaro Cardeña 1983: *Belo II. Historique des fouilles. Belo et son environnement (Déroit de Gibraltar). Étude physique d'un site antique*, Collection de la Casa de Velázquez IV.
- Dupré, N. 1997: "Aménagements hydrauliques des villes et des campagnes romaines: quelques exemples d'aqueducs dans la vallée de l'Èbre (Espagne Citérieure)", R. Bedon, *Les aqueducs de la Gaule romaine et des régions voisines, Actes du Colloque du Centre de Recherches A. Piganiol, 16-17 mai 1996*, 715-746.
- Duran Fuentes, M. 2005: *La construcción de puentes romanos en Hispania*, Santiago de Compostella.
- Evans, H. B. 1994: *Water distribution in Ancient Rome. The evidence of Frontinus*, Michigan.
- Fabre, G., Fiches, J.°L. y J.°L. Paillet (dir.) 2000: *L'aqueduc de Nîmes et le pont du Gard: archéologie, géosystème, histoire*, Paris.
- Feijoo Martínez, S. 2005: "El abastecimiento en Augusta Emerita. Las presas y los acueductos de agua potable, una asociación incompatible en la Antigüedad", T. Nogales Barrasate, *Augusta Emerita. Territorios, espacios, imágenes y gentes en Lusitania romana*, Badajoz.
- Ferjaoui, A., Pailler, J.°M., Darles, Ch., Fabre, J.°M., Mahoudeau, J., Philippe, E. y A. Vernhet 2014, *en prensa*: "L'approvisionnement en eau de Zama: étude archéologique et historique. Résultats préliminaires des campagnes 2002 à 2004", *Africa*.
- Fernández Casado, C. 1972: *Acueductos romanos en España*, Madrid, en prensa.
- Jiménez, A. 1973: "Los acueductos de Bellone Claudia (Bolonía, Cádiz)", *HABIS* 4, 273-293.
- Lagóstena Barrios, L.G. y F. de B. Zuleta Alejandro 2009: *La captación, los usos y la administración del agua en Baetica: estudios sobre el abastecimiento hídrico en comunidades cívicas del Conventus Gaditanus*, Cádiz.
- Lefebvre, C. 1997: "L'aqueduc antique de Gorze à Metz", R. Bedon, *Les aqueducs de la Gaule romaine et des régions voisines, Actes du Colloque du Centre de Recherches A. Piganiol, 16-17 mai 1996*, 399-439.
- Leveau, P. y J.°L. Paillet 1976: *L'alimentation en eau de Caesare de Maurétanie et l'aqueduc de Cherchell*, Paris.
- Paillet, J.°L. 2007: "Réflexions sur la construction du specus des aqueducs antiques", *Africa* 3, 21-36.

- Paris, P., Bonsor, G., Laumonier, A., Ricard, R. y C. de Meelina 1923: *Fouilles de Belo (Bologna, province de Cadix) I. La ville et ses dépendances*, Paris.
- Pizzo, A. 2015: “Los acueductos de Augusta Emérita: técnicas y procesos de construcción”, L. Borau y A. Borlenghi (dir.), *Aquae ductus. Actualité de la recherche en France et en Espagne. Actualité de la recherche en France et en Espagne, Actes du colloque international, le 15-16 février 2013 à Toulouse*, Supplément Aquitania 33, 21-48.
- Plinio (Pline l’Ancien): *Histoire Naturelle, Livre XXXI* (texte établi, traduit et commenté par J. André, R. Bloch et A. Rouveret en 1972), Paris.
- Rigal, D. 2012: “L’aqueduc antique de Cahors et ses captages”, J.°P. Bost, *L’eau: usages, risques et représentations dans le Sud-ouest de la Gaule et le Nord de la péninsule Ibérique (II<sup>e</sup> siècle a.C. – VI<sup>e</sup> siècle p.C)*, Supplément Aquitania 21, Bordeaux, 443-455.
- Roldan Gómez, L. 1993: *Técnicas de construcción romanas en Itálica (Santiponce, Sevilla)*, Monografías de arquitectura romana 2, Madrid.
- Sánchez López, E. 2012: *Aqua Sexitana, La relación del acueducto de Almuñécar con Sexi Firmium Iulium y su territorio*, Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Seigne, J. 1999: “Techniques de construction en Gaule romaine”, J. Bessac, O. Chapelot, R. De Filippo, A. Ferdière, Fl. Journot, D. Prigent, C. Sapin y J. Seigne, *La construction. Les matériaux durs : pierre et terre cuite*, Paris, 51-95.
- Sillières, P. 1995: *Baelo Claudia, une cité romaine de Bétique*, Collection de la Casa de Velázquez 51, Madrid.
- Trevor Hodge, A. 2002: *Roman aqueducts and water supply*, Collection Duckworth.
- Ventura Villanueva, A. 1993: *El abastecimiento de agua a la Córdoba romana I. El acueducto de Valdepuentes*, Córdoba.
- Ventura Villanueva, A. 1996: *El abastecimiento de agua a la Córdoba romana II. Acueductos, ciclo de distribución y urbanismo*, Córdoba.
- Vitruvio (Vitruve): *De l’architecture*, VIII (traduction de L. Callebat en 2003), Paris.
- VV.AA. 2002: *Artifex: Ingeniería civil romana en España, Catalogo de exposición, Museo Arqueológico Nacional, Marzo-Julio 2002*, Madrid.

Recibido: 15-04-2015  
Aceptado: 17-05-2015