

EL ACUEDUCTO DE *SEXI FIRMUM IULIUM* (ALMUÑÉCAR, GRANADA)

The aqueduct of *Sexi Firmum Iulium* in Almuñécar, Granada

ELENA SÁNCHEZ LÓPEZ *

RESUMEN Revisión del trazado del acueducto que abasteció a la ciudad romana de *Sexi Firmum Iulium* (Almuñécar, Granada), tomando como punto de partida los datos publicados en estudios previos sobre el mismo y completándolos con los resultados obtenidos de nuevas campañas de prospección; estudio que ha permitido además completar el análisis sobre las características de los diferentes elementos que jalonan la conducción. Los modernos sistemas empleados para llevar a cabo los trabajos de campo han permitido, así mismo, desarrollar las primeras aproximaciones a las pendientes del canal.

Palabras clave: Arqueología Clásica, Almuñécar, *Sexi Firmum Iulium*, Acueducto, Sifón, *Columnaria*.

ABSTRACT This work reviews the route of the aqueduct that supplied the Roman city of *Sexi Firmum Iulium* (Almuñécar, Granada), taking as its starting point data published in earlier studies and completing it with the results from the latest exploration campaigns. These have enabled us to finalise the analysis of the different elements that mark it out. The modern systems used to carry out agricultural work have also permitted us to develop the first approximations to the angles of the slopes of the canals.

Key words: Classical archaeology, Almuñécar, *Sexi Firmum Iulium*, Aqueduct, Syphon, *Columnaria*.

INTRODUCCIÓN

El *municipium Sexi Firmum Iulium*, ciudad de origen fenicio fundada en las actuales costas de la provincia granadina, se asentaba sobre el cerro de San Miguel, accidente orográfico que en época antigua conformaba una península enmarcada por las ensenadas de los ríos Verde y Seco.

* Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada. elenasanchez@ugr.es
Fecha de recepción: 30-09-2011. Fecha de aceptación: 17-05-2012

Conocida por las fuentes¹, la importancia arqueológica de la ciudad comenzó a confirmarse a partir de la década de los años sesenta con hallazgos como los de las necrópolis fenicio-púnicas de Laurita (Pellicer, 1962, 2007) primero, y de Puente de Noy a continuación (Molina *et al.*, 1982; Molina y Huertas, 1985; Molina y Bannour, 2000), así como de la factoría de salazones de El Majuelo. Sin embargo, entre los vestigios arqueológicos que más tempranamente atrajeron a los investigadores, se encuentra el acueducto romano, publicado por primera vez en 1949, en un estudio firmado por Fernández Casado en el *Archivo Español de Arqueología*. Con posterioridad a éste, la conducción de aguas ha sido objeto de diferentes análisis (Molina Fajardo *et al.*, 1984, 2000; Tovar y Camero, 1986), aunque el que a continuación se propone, fruto de una nueva campaña de prospección, presenta como novedad el recurso a modernas herramientas topográficas que han permitido aportar importantes novedades en torno a la localización exacta de los restos, pero sobre todo, el estudio de las pendientes del canal.

TRAZADO DEL ACUEDUCTO (fig. 1)

El acueducto romano de Almuñécar cuenta con un trazado de al menos 7 km confirmados, desde Las Angosturas de Jete hasta el emplazamiento de la antigua *Sexi Firmum Iulium*; recorrido que muy probablemente fue mayor, llegando a los más de 10 km, según se desprende del hallazgo en 1992 de los restos de un canal de características similares a los del resto de la conducción en el paraje conocido como el Peñón Rodado (TM de Otívar) (Yáñez *et al.*, 1994:33).

El canal abovedado, realizado en *opus incertum*, recorre en primer lugar la margen derecha de río Verde para pasar, tras realizar el cambio de cuenca mediante el recurso a un túnel, a la margen izquierda de río Seco. Para facilitar su descripción, el trazado del acueducto ha sido dividido en cinco tramos diferentes, establecidos en función principalmente de cuestiones de tipo geográfico así como de las propias características del canal.

Primer tramo

Peñón Rodado (lám. I)

En 1992, durante las obras de encauzamiento del río Verde llevadas a cabo en el Término Municipal de Otívar fue seccionada, aguas arriba del pueblo de Jete, una galería con una tipología y un sistema constructivo similar a los restos de canal iden-

1. Las principales fuentes literarias en las que se hace referencia a la ciudad de *Sexs / Sexi Firmum Iulium* son Hecateo de Mileto (recogido por Esteban de Bizancio), Dífilo de Sínope (recogido por Ateneo de Naucratis), Estrabón, Plinio el Viejo (NH III 8; HN XXXII 146), Marcial (MART epigr 78), Tito Livio (XXXIII 22, 6); Ptolomeo (II, 4, 6) (Pastor, 1983; 2000).

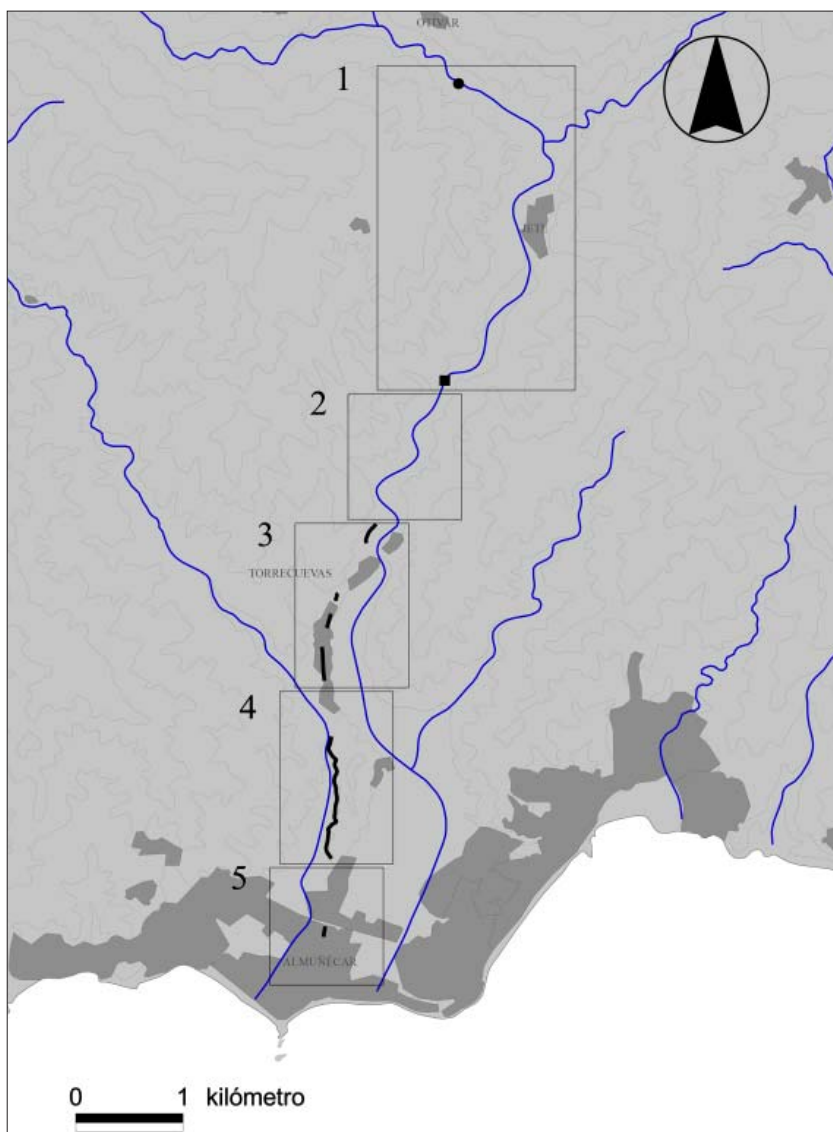


Fig. 1.—Trazado del acueducto de Almuñécar con indicación de los diferentes tramos.

tificados a lo largo del recorrido conocido del acueducto. Circunstancia que llevó a autores locales a proponer el inicio de la conducción en las cercanías de Otívar (Yáñez *et al.*, 1994), probablemente en el paraje denominado Peñón Rodado, donde se produce un estrechamiento en el cauce del río que supone la elevación del nivel freático en la zona; retomándose así las propuestas realizadas en la primera mitad del siglo XX por autores como Fontana Tarrats (1946) y Gómez-Moreno (1949), que proponían la localización en este sector del manantial del que debía surtirse el acueducto.

Las Angosturas de Rio Verde

Según los más recientes estudios generales realizados sobre el acueducto (Molina *et al.*, 1984; Molina, 2000), la captación de aguas se localizaría sin embargo en la zona de Las Angosturas (TM de Jete). Donde, coincidiendo con un nuevo estrechamiento del cauce y como consecuencia de los trabajos de búsqueda de agua con la que paliar los estragos causados por la pertinaz sequía que afectó a toda la zona los años de 1874 y 1875, se localizó a unos cuatro metros por debajo del lecho del río una conducción subterránea, parcialmente obstruida, que fue limpiada y restaurada. Según se desprende del dibujo realizado por el ingeniero Jose María de Sancha, se trata de un canal de unos 500 m de longitud en forma de “T”, formado por una conducción principal y dos laterales destinadas a recoger las aguas de sendos barrancos. La galería principal o “galería de desagüe” contaría con una bóveda de piedras y con un *specus* de forma trapezoidal; a lo largo de su recorrido se abren siete “lumbreras” o registros de encañado circular. Trasversal a esta aparece la que de Sancha define como “galería de filtración”, con una nueva “lumbreira” en cada uno de los extremos; la sección de estas conducciones laterales difiere enormemente de la anterior, pues el canal, de esquinas redondeadas y con bóveda de piedras, presenta un arquillo a media altura, al tiempo que parece hallarse bajo una construcción de cantos, destinados posiblemente a facilitar la filtración del agua del lecho del río.

Los operarios encargados de la limpieza realizada en los ochenta, confirmaron la existencia de la galería transversal, cuya descripción coincide con el dibujo hecho por el ingeniero de Sancha; pero aseguraron que existía otra galería lateral, a unos 100 m aguas arriba de la cueva, coincidiendo con un pequeño barranco que desagua en el río por su vertiente occidental.

Segundo tramo*Acequia del Rey*

A unos 300 m del santuario de la Virgen del Agua, se encuentra la conocida como Fuente de los Granados, punto donde tradicionalmente había manado el agua y que los lugareños consideraban el manantial de donde recogía sus aguas el acueducto. A partir de este punto, en las cercanías del Barranco de Gelibra, el agua pasa a discurrir en lámina abierta por la denominada Acequia del Rey y a lo largo de aproximadamente 1.5 km no existe constancia de restos visibles de la canalización de época romana, siendo sustituida en su función por esta conducción moderna.

Un hecho destacable, sin embargo, es que la acequia actualmente en uso requiere del recurso a un sistema de cascada para hacer frente a la fuerte presión del agua causada por la abrupta pendiente del terreno. Lo que permite plantear la hipótesis de algún sistema de rotura de presión —como los descritos por Chanson (2000)— a lo largo de este tramo del canal romano desaparecido, tal vez del tipo a los hoy en día conocidos para el *Aqua Augusta* de Córdoba (Ventura, 1993), o el acueducto de El Realillo en *Baelo Claudia* (Jiménez, 1973:277; Sillières, 1997:145).

Tercer tramo (fig. 2)

La Vegueta

El canal de factura romana aparece algo al norte del actual puente de la Autovía A7 que cruza río Verde, a los pies de El Cerrallo. El primer punto visible es el inicio de un sector excavado en la roca, ya citado por Fernández Casado (1949:318), con cubierta abovedada de lajas de piedra que hoy en día conecta con la acequia moderna.

Tras aproximadamente 30 m túnel, el canal abovedado aparece durante unos 200 m. Tovar y Camero (1986:55) citan la existencia en esta zona de *spiramina* circulares cada cien metros, de los que sin embargo no quedan hoy en día restos visibles.



Fig. 2.—Tercer tramo del acueducto de Almuñécar.

Barranco de Antequera

Según Fernández Casado, el siguiente resto visible de la conducción de correspondería con un “murete” que localizó en su visita de 1937 (y que ya había desaparecido en la que realizó en 1941) en el Barranco de Antequera (Fernández Casado, 1949:317), y que tal vez debamos interpretar como una *substructio* destinada a salvar esta pequeña vaguada. En la actualidad este muro sigue sin ser visible.

Barranco del Olivillo

De nuevo aquí nuestra única referencia es la de Fernández Casado, que cita la existencia de un “murete de protección”, tal vez una nueva *substructio*, y un registro (Fernández, 1949:317).

Torrecuevas

Durante el mes de junio de 2008 se excavó en el área más septentrional de la Barriada de Torrecuevas, en la zona conocida como El Convento, un tramo de 75 m de canal abovedado².

El siguiente lugar en el que el canal es visible, a lo largo de su actual discurrir intermitente por la margen oriental de río Verde, es pocos metros más abajo de la citada excavación, al cruzar sobreelevado el barranco de Torrecuevas mediante una construcción de *opus incertum* de 130 m de longitud con 16 arcos de 4.9 m de luz y 2 menores, de 2.8 m, que flanquean a uno grande (Molina, 2000:93); cada uno de los pilares presenta un arquillo de aligeramiento de 60 cm de luz³ (Fernández, 1949:324).

Después de cruzar la carretera del Suspiro del Moro, el canal discurre soterrado a través de tierras de cultivo y bajo edificaciones de reciente construcción hasta reaparecer elevado sobre un pequeño arco de factura moderna, que parece sustituir a otro antiguo que formaba parte de una construcción con al menos dos arcos, como se puede apreciar en fotografías realizadas en los años 70⁴, que en la actualidad está sepultada bajo una vivienda moderna. Puede que se trate de la “obra de dos arcos, muy desfigurada por reconstrucciones sucesivas” que cita Fernández Casado (1949:321) en las proximidades del acueducto de Torrecuevas⁵, pero que sin embargo no ubica en el plano de localización los restos de la conducción.

2. Agradecemos a Antonio Burgos Juárez y a su equipo que nos permitieran acceder a las excavaciones.

3. Este elemento fue empleado para aportar una primera propuesta cronológica para la construcción, a través de su comparación con los acueductos de *Baelo Claudia*, en los que también se observa el recurso a este elemento (Molina, 2000:108).

4. Agradecemos encarecidamente a Antonio Ruiz Fernández habernos facilitado el acceso a estas imágenes.

5. Ha sido respetada la catalogación llevada a cabo por Fernández Casado (1949), repetida posteriormente por Molina Fajardo (2000), por la que las mayores construcciones arcadas de la conducción

A unos 60 m de esta *arcuatio* reaparece la canalización, aunque muy deteriorada. En la actualidad, en lo que a simple vista parece algún tipo de *substructio* construida para elevar este tramo de canal, se pueden observar una serie de lajas de pizarra colocadas en posición totalmente vertical, lo que nos ha permitido localizar en este punto una nueva construcción sobre arcos, construida para salvar lo que en época antigua debió ser un pequeño barranco, hoy en día totalmente camuflada por las construcciones recientes. Esta *arcuatio* debe corresponderse con “la obra tres arcos” que aparece en el mapa publicado por Fernández Casado (1949:319) y con la construcción identificada como “arcadas” en el plano de Molina Fajardo (2000), sin que ninguno de ellos nos aporten más datos sobre el mismo.

La canalización reaparece a unos 200 m elevada sobre una nueva *arcuatio* de 20 m de longitud formada por cuatro arcos. En la actualidad es imposible ver esta construcción en su totalidad, sin embargo, Fernández Casado proporciona sus dimensiones exactas: dos arcos de 4.90 m de luz, flanqueados por otros de de 2.8 m (Fernández, 1949:321).

60 m aguas abajo de esta construcción aparece el primer registro original (*spiramen* 1) conservado; elemento que constituye así mismo el último punto donde se identifican restos del acueducto en el valle de río Verde, y es que a partir de este momento, pasa a discurrir por entero bajo edificaciones modernas.

Portichuelo

Aproximadamente a 250 m hacia el sur se produce un estrechamiento en la formación montañosa que separa los cauces de los ríos Verde y Seco, este debió ser el punto elegido por los ingenieros romanos para excavar el túnel que permitía al canal realizar el cambio de cuenca. En la actualidad, debido a la fuerte presión urbanística sufrida por la zona en las últimas décadas, no quedan vestigios visibles de esta obra, aunque existen descripciones que ofrecen algunos datos; según Fernández Casado (1949) su longitud sería de 350 m, y Tovar y Camero (1986:60) lo describen como un canal de roca sin revestir de 1.70 m de altura y 0.70 de ancho, proporciones muy superiores a las que se observan a lo largo del resto del recorrido del canal.

Cuarto tramo (fig. 3)

Colinas de la Cruz

Según describe Fernández Casado, una vez salvado el túnel el canal reaparecía en río Seco a nivel del cauce pero inmediatamente después, debido a la fuerte pendiente de la rambla, se elevaba sobre un “murete” (Fernández, 1949:319). En la actualidad no

son denominadas como “Acueductos” (Torrecuevas, I, II y III), a pesar de que dicho término debe ser aplicado a la conducción en su conjunto y no solamente a las *arcuationes*.

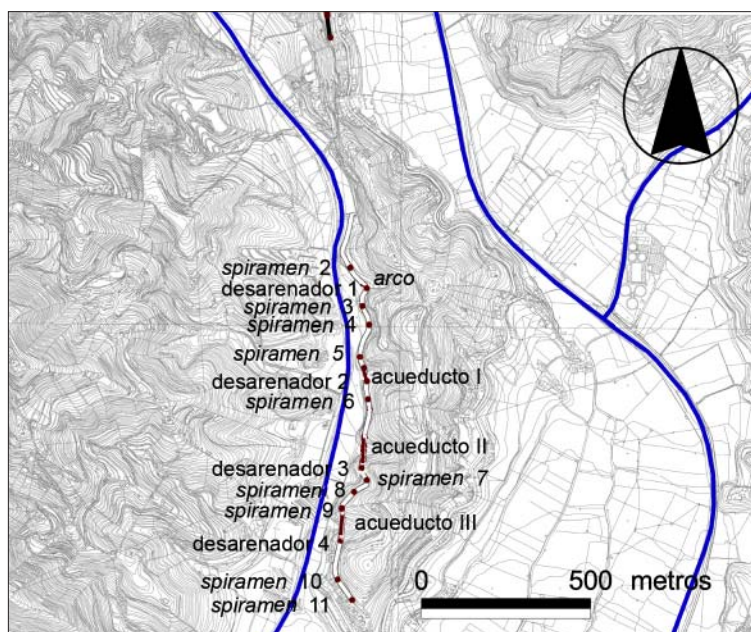


Fig. 3.—Cuarto tramo del acueducto de Almuñécar.

quedan restos visibles de la *substructio*, aunque el discurso del canal puede ser seguido gracias a diversas aperturas realizadas por la Comunidad de Regantes, la primera a aproximadamente 500 m en línea recta del *spiramen 1*⁶.

Tan solo 50 m aguas abajo se abre el primer registro circular localizado en la cuenca de río Seco (*spiramen 2*), totalmente transformado con un encañado realizado con bloques de hormigón y cemento moderno.

Un nuevo tramo de canalización abovedada aparece a aproximadamente 60 m del registro. Tras un recorrido visible de unos 6 m, desemboca en un registro cuadrangular (desarenador 1), totalmente revestido de cemento moderno. En este punto, tanto el canal de entrada como el de salida presentan una cubierta adintelada mediante lajas de piedra, que sustituyen a la cubierta original abovedada.

A lo largo de su trazado por la cuenca de río Seco, este tipo de registros cuadrangulares siempre aparecen después de que el canal haya sido elevado sobre una construcción arcada⁷; esta circunstancia fue la que llevó a trabajar de forma más detenida en este sector, en busca de indicios que nos permitieran confirmar la localización en este punto del arco que tanto Fernández Casado (1949:319) como Tovar y Camero (1986:62) citaban en la primera parte del recorrido del acueducto por la vertiente oriental de río Seco. De hecho, tras retirar la densa vegetación que cubría lo que en un primer mo-

6. Esta rotura, fue vista durante la primavera de 2008; en la actualidad ha sido tapada con cemento.

7. Este patrón no ha podido ser constatado en la cuenca de río Verde, donde si estos elementos existieron han desaparecido fruto de la construcción de las edificaciones que rodean las *arcuationes*.

mento parecía ser una *substructio*, apareció una moldura similar a la observable en los denominados Acueductos I, II y III, así como lo que parece ser la clave de un arco, realizada mediante la colocación de forma vertical de las lajas de pizarra, emergiendo a pocos centímetros del actual nivel de la terraza de cultivo.

A unos 100 m del desarenador aparece un nuevo registro circular construido en *opus incertum* (*spiramen* 3). A partir de este punto, el canal aparece visible, empleado como apoyo para la formación de terrazas de cultivo, hasta el Cercado de la Santa Cruz, promontorio situado frente a la ubicación de la antigua ciudad de *Sexi Firmum Iulium*, un recorrido de aproximadamente un kilómetro.

60 m hacia el sur aparece un nuevo *spiramen* (*spiramen* 4). Y a 105 m, muy oculto por la vegetación, un nuevo registro circular (*spiramen* 5).

A unos 30 m del *spiramen* 5, el canal alcanza una gran vaguada, salvada mediante el conocido como Acueducto I (Fernández, 1949; Molina, 2000:93-94), una *arcuatio*, realizada en *opus incertum* de lajas de pizarra, de 43 m de longitud formada por seis arcos, cuatro de ellos de 4.90 m de luz, y dos, los de los extremos, con 2.80 m. Sobre esta construcción, y marcado por una moldura, discurre el canal abovedado, que desemboca en un nuevo registro de planta cuadrada (desarenador 2).

Unos 65 m aguas abajo del registro cuadrangular, aparece uno circular (*spiramen* 6). A 96 m del *spiramen*, se abre una nueva vaguada, de dimensiones mayores que la anterior, atravesada por el Acueducto II de 68 m de longitud (Fernández, 1949; Molina, 2000:94). La profundidad de la rambla llevó a los ingenieros a construir arcos secundarios bajo los tres centrales; el resultado es una obra formada por nueve arcos de 4.90 m de luz, enmarcados por dos de 2.80 m, con tres arcos de refuerzo de 2.70 m. El canal, como ocurre en el caso anterior, discurre sobre esta construcción marcado hacia el exterior mediante una moldura. De nuevo sobre tierra firme, el canal desemboca en un nuevo registro cuadrangular (desarenador 3).

A 60 m aparece el siguiente registro (*spiramen* 7). Separado del anterior por una distancia de tan sólo 45 m, el *spiramen* 8, bastante deteriorado pues una ruptura vertical ha provocado la pérdida de la mitad del encañado del pozo, presenta una profundidad de 2.80 m. El tercer registro circular (*spiramen* 9) existente entre los Acueductos II y III se encuentra a 60 m del anterior.

Cercado de la Santa Cruz

15 m aguas abajo del *spiramen* 9 aparece la que es tal vez la construcción más imponente en el recorrido de la canalización, el identificado por Fernández Casado (1949) como Acueducto III; con 72 m de longitud y 18 m de altura visible, está formado por dos cuerpos independientes de arcadas, el superior consta de nueve arcos de 4.90 m de luz, flanqueados por dos de 2.80 m, mientras que el inferior está formado por un basamento con tres huecos rematados por arcos 2.80 m de luz (Molina, 2000:97).

Al final de la *arcuatio* vuelve a aparecer un desarenador (el cuarto). Según la descripción hecha por Molina Fajardo (2000:97), en las proximidades de este punto existe un canal lateral que tras 42 m de recorrido desemboca en una cisterna cuadrangular que pudo servir para el abastecimiento de una villa.

En 2005 se excavó, a aproximadamente 60 m del desarenador, un tramo de 3 m de canalización (Burgos, e.p.), perteneciente a los 70 m de canal subterráneo que cita Molina Fajardo (2000:97) entre el final del Acueducto III y el depósito municipal cuya construcción provocó su destrucción poco más adelante. Según la descripción de Burgos, en este punto el *specus*, que había perdido la cubierta debido posiblemente a las labores de aterrazamiento de la zona para su puesta en cultivo, presenta forma troncocónica, estando las paredes recubiertas con una capa de *opus signinum* de 4 cm de espesor.

Superado el depósito, la canalización se conserva, enterrada a aproximadamente 2.50 m de profundidad, a lo largo de unos 90 m; trazado en el que se abren dos registros circulares. Localizado a 120 m del desarenador 4, el primero de ellos (*spiramen* 10), presenta un ramal en dirección oeste y ha sufrido el tapiado del canal proveniente de aguas arriba. El segundo (*spiramen* 11), se abre a 75 m del anterior.

Quinto tramo (fig. 4)

La Carrera

A poca distancia del último *spiramen* debió localizarse el depósito de entrada del sifón que permitía elevar el agua hasta la ciudad, situada en el Cerro de San Miguel.

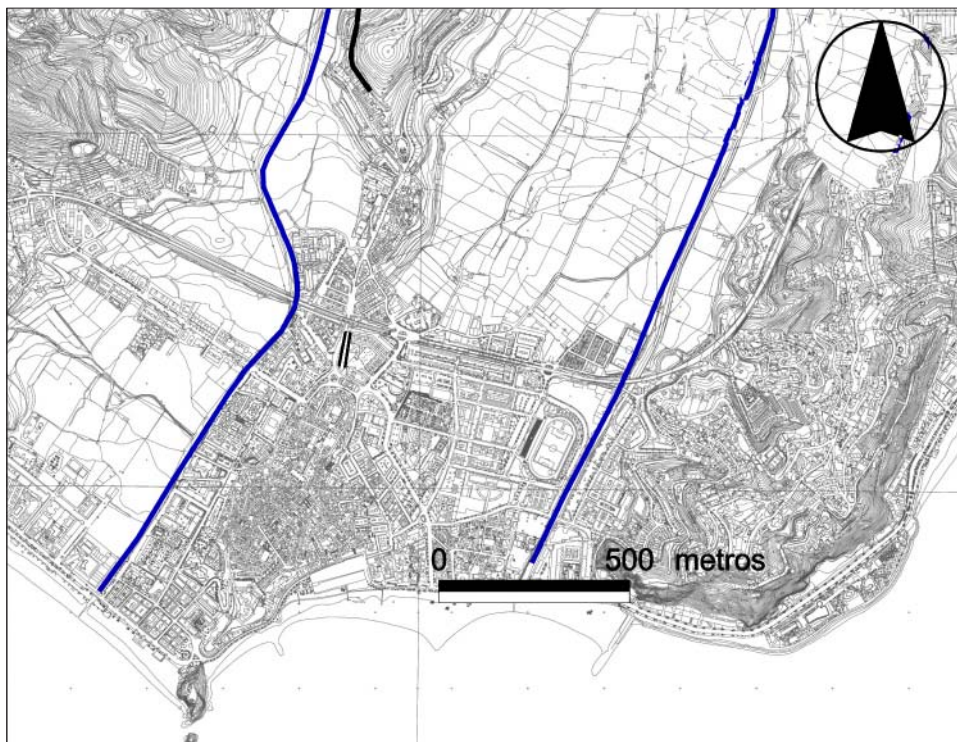


Fig. 4.—Quinto tramo del acueducto de Almuñécar.

De este sistema el único elemento visible en la actualidad lo constituyen los restos de diecisiete arcos excavados en la zona de La Carrera, cuatro de los cuales se encuentran derruidos, que fueron construidos como parte del *venter* (Joyanes, 1987; Molina, 2000:103). La dimensión media de los arcos es de 4.15 m de luz; con uno central de 4.20 m destacado mediante el empleo de dos pilastras adosadas en ambas caras.

Para Gómez-Moreno, “la cumbre” de los catorce arcos que entonces se vislumbraban como base de una cerca, formaban parte del “último y colosal acueducto” que arrancando del extremo del peñón del Cercado de la Santa Cruz, y pasando por encima de la ciudad, llegaba hasta la alcazaba (Gómez-Moreno, 1949:378). La función de esta arcada fue, sin embargo, la de sostener el canal que contenía la canalización cerámica a presión, para lo cual debió constar de un canal que no se ha conservado. Aunque restos de esta tubería de piezas de cerámica fueron hallados por Molina Fajardo (2000:102), quien proporciona datos de sus dimensiones: 0.34 m de largo, con 0.20 m de diámetro exterior y 0.16 de diámetro interior, dentro de un canal, que en el tramo mejor conservado medía 1.60 m de alto y 0.70 m de ancho.

ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL ACUEDUCTO

La captación (fig. 5)

Vinculados a la captación de aguas para el acueducto han sido localizados en los Términos Municipales de Otívar y Jete, por un lado, los restos de una canalización abovedada enterrada bajo el lecho del río en la inmediaciones del Peñón Rodado⁸, y por otro una galería situada a cuatro o cinco metros bajo el río en el paraje de Las Angosturas. Ambos puntos, distantes entre sí unos 3 km, debieron pertenecer al sistema de recolección de aguas para el acueducto que abasteció la ciudad de Almuñécar, sin embargo hoy en día no existen datos suficientes para discernir si se trata de elementos pertenecientes a un mismo y único ramal del mismo, o si la conducción contó con dos captaciones independientes, una en Las Angosturas y otra en el Peñón Rodado, dos puntos en los que se produce el estrechamiento del cauce del río y por tanto una elevación del nivel freático.

Desconocidas las dimensiones de los restos localizados en Otívar, parece tratarse de una canalización abovedada muy similar a los diferentes tramos de canal romano conocidos. Poseemos, sin embargo, más datos a cerca de la galería aún en uso ubicada en Jete, de unos 500 m de longitud y forma de T, estaba formada por una conducción principal y dos laterales. Los datos aportados por el dibujo del siglo XIX fueron completados a raíz de las labores de limpieza llevadas a cabo a principios de los ochenta⁹. Gracias a ello sabemos que el canal muestra unas dimensiones de en-

8. Hallazgo que se produjo a raíz de las obras de encauzamiento del río que se llevaron a cabo en 1992 (Yáñez *et al.*, 1994).

9. Agradecemos a D. José Rodríguez Rodríguez el relato de sus observaciones, que nos han servido para completar los datos aportados por Molina Fajardo (2000).

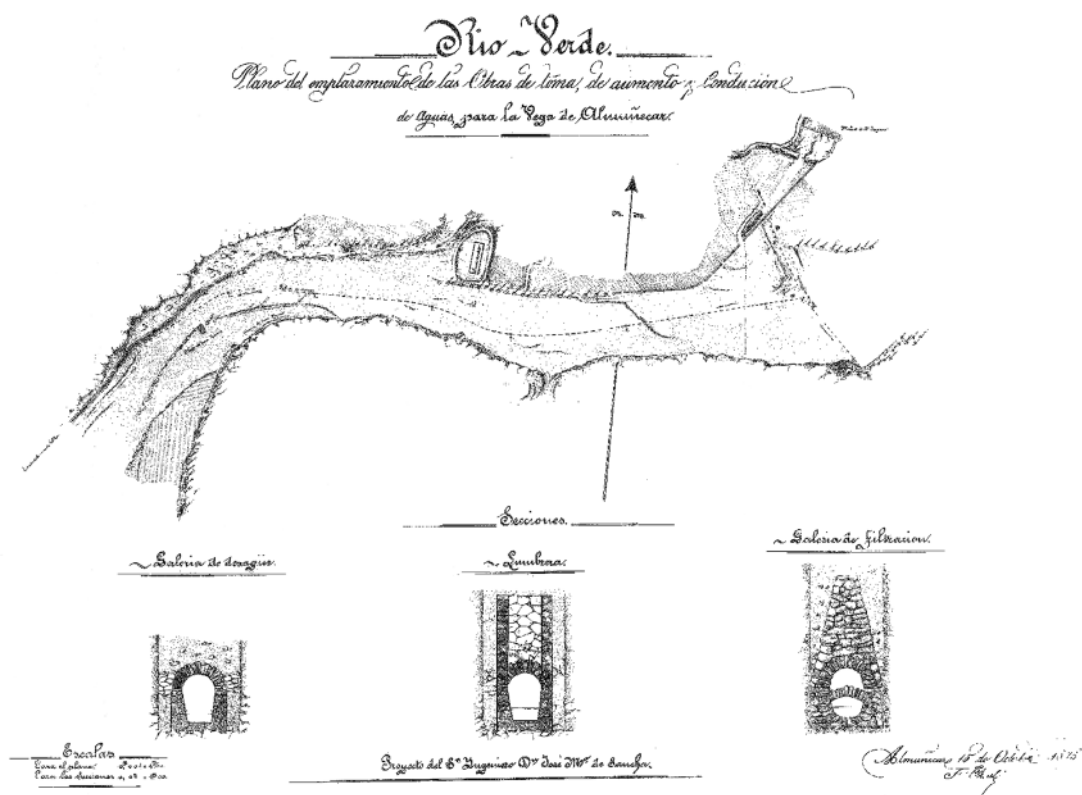


Fig. 5.—Dibujo de Las Angosturas realizado por J. M.^a de Sancha.

tre 1.10 y 1.50 m de altura y unos 50 cm de anchura, presentando un revestimiento blanco tanto en el suelo como en las paredes laterales, mientras que la cubierta abovedada está realizada en obra seca de lajas de pizarra y cantos de río. Por su parte la distancia entre las “lumbreras” es de aproximadamente 80 m, y están construidas con lajas de pizarra y cerradas en la parte superior por grandes piedras trabadas con mortero de cal.

Las descripciones hechas en el último tercio del siglo XIX y a finales del XX, coinciden con las características de las galerías de filtración, “excavaciones horizontales que se inician con un emboquillado o boca de entrada, desde donde se procede a excavar la galería propiamente dicha. (...) La sección transversal tiene dimensiones suficientes como para permitir el desplazamiento de los equipos y de las personas encargadas de su construcción. Usualmente las secciones son de 1.80 x 0.80 m, con pendientes del piso comprendidas entre uno y 10 por 1000. Para facilitar los trabajos deben excavar pozos de ventilación cada 40 o 100 m a fin de ventilar la galería y para retirar los materiales provenientes de la excavación.” (AA.VV., 2002:14). El material aluvial en el que se excavan permite además la circulación de aguas subterráneas en los meses

en los que las escasas lluvias reducen al mínimo el caudal de los ríos, garantizando la capacidad de aportación de la fuente a lo largo de todo el año.

Características del canal (fig. 6)

Actualmente el canal del acueducto es visible en un número importante de puntos, principalmente en el cuarto tramo del mismo, sin embargo esta no debía ser la situación en el momento de su construcción. Como se pudo constatar en la excavación llevada a cabo en el verano de 2008 en la zona de El Convento sus constructores abrieron una zanja dentro de la cual llevaron a cabo la obra, los cortes en el terreno eran visibles a entre 15 y 20 cm de distancia de las paredes externas del canal (Arroyo *et al.*, e.p.). Este debió ser el sistema empleado a lo largo de buena parte de su trazado, lo que lo convertía en un acueducto eminentemente subterráneo, del que tan sólo debían ser visibles los tramos elevados sobre *substructiones* o *arcuationes*, evidencia de ello es la profundidad que presenta en encañado de los diferentes registros localizados.

Una vez realizada la zanja, la construcción del canal se llevaba a cabo en tres partes, como se ha podido observar en un pequeño tramo del canal, empleado como apoyo de un bancal, que ha perdido parte del lateral exterior de la conducción. En un primer momento se llevaba a cabo la construcción del cimiento de la canalización, en *opus caementicium* con toscas lajas de piedra; sobre esta base se procedía a la elevación de las paredes, de entre 30 y 40 cm de espesor, realizadas de nuevo en *caementium* con gruesos fragmentos de piedra. Por último, el cierre se realizó

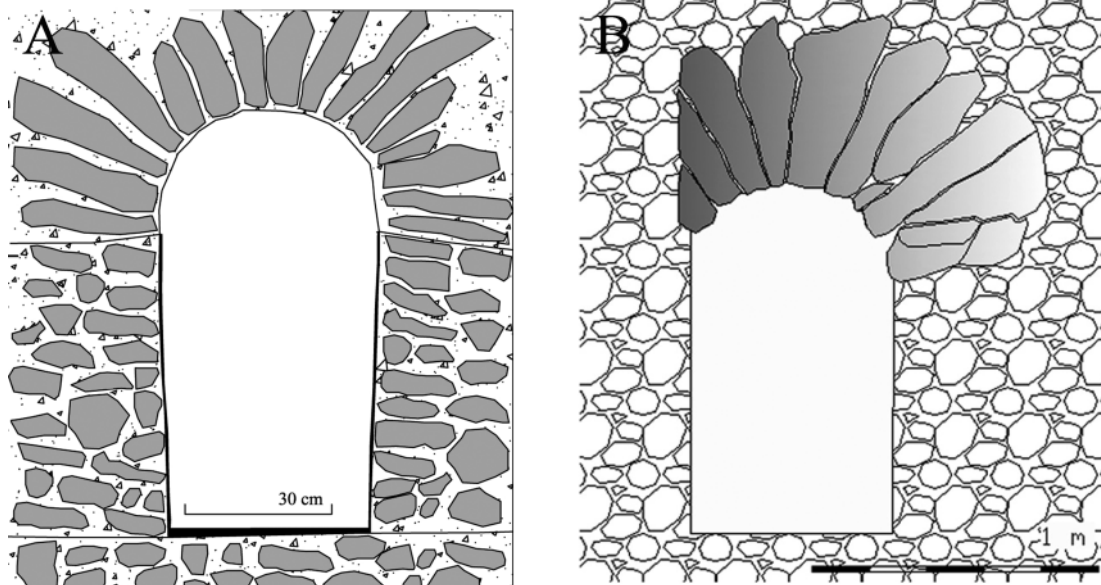


Fig. 6.—A. Sección tipo del acueducto de Almuñécar. B. Sección del canal en el túnel de La Vegueta.

mediante la construcción de una cubierta abovedada de lajas trabadas con mortero¹⁰, para cuya construcción existe la posibilidad que se emplearan cajones, al menos en algunos tramos, según ciertos elementos observados tanto al exterior como al interior del canal. Concretamente, en el sector excavado en El Convento, se pudo documentar un claro surco transversal al canal marcado a lo largo de todo el mortero que recubre el exterior de la bóveda, trazas posiblemente del empleo de este sistema de construcción. Indicios del recurso a este procedimiento en el interior del canal se han observado en el cuarto tramo, donde en un pequeño sector de la canalización se observan de lado a lado de la bóveda huellas de la estructura de láminas, presumiblemente de madera, que debió instalarse para su construcción.

Con respecto a sus características interiores, la base del *specus* y las paredes laterales estaban recubiertas de un mortero blanco que debía impermeabilizar el canal. La altura alcanzada por este revestimiento no es constante, pues mientras en algunas ocasiones alcanza el arranque de la bóveda, en otras sólo se ha constatado hasta media altura¹¹. Y solamente en un pequeño tramo ha sido constatado el uso de bocel hidráulico, presente únicamente en uno de los laterales del canal, concretamente el izquierdo.

Del mismo modo difiere el tratamiento final del interior de la bóveda; en ocasiones se observa un revestimiento con mortero mientras que en otras las gruesas lajas de piedra colocadas de forma radial no presentan evidencias de haber recibido enlucido alguno.

Las dimensiones internas del canal oscilan entre los 36 y los 50 cm de anchura, situándose la media en unos 40 cm, y una altura de entre 80 y 120 cm, con una media de en torno a 90 cm. El *specus* presenta una forma cuadrangular que oscila entre el rectángulo y el trapecio, en este segundo caso la anchura del canal el ligeramente superior en el arranque de la bóveda que en la base del canal, siendo en cualquier caso 50 cm la anchura máxima observada.

Diferente es la tipología de los dos sectores en los que el canal se ha excavado directamente en la roca. En el caso del inicio del tercer tramo del acueducto, único sector que ha podido ser reconocido para este trabajo, se procedió a la excavación de un túnel de 35 cm de anchura en la base y que se ensanchaba a 45 cm el suelo, hasta alcanzar una amplitud que no ha podido ser establecida; tampoco se ha podido determinar la altura del mismo, pero debió ser suficiente para permitir el trabajo de los equipos. Una vez excavada la galería, se procedió a la construcción de una cubierta abovedada de lajas de piedra dispuestas en posición radial, apoyada en el punto en el que se produce el ensanchamiento del canal, y enlucida con una capa de mortero en la que aún se pueden adivinar las huellas del encofrado. La distancia desde la base al intradós de la bóveda es de 60 cm.

El otro tramo excavado directamente en la roca es el correspondiente al túnel que permite el cambio de cuenca, sector que no ha podido ser analizado pero que por

10. Existe un breve tramo, unos dos metros a ambos lados del desarenador 1, donde se ha documentado una cubierta plana mediante grandes bloques de pizarra. Parece que se trata de una sustitución de la bóveda original cuya cronología es imposible de precisar.

11. Hay que destacar que son numerosos los sectores donde no existen restos visibles del recubrimiento interno original de las paredes, habiendo sido frecuentemente sustituido por un mortero moderno de cemento, principalmente en aquellos tramos aún en uso o utilizados hasta fechas recientes.

descripciones realizadas a mediados de los 80 sabemos que era de roca sin revestir, con unas medidas de 70 cm de anchura y 1.70 m de altura (Tovar y Camero, 1986:60).

Los registros (fig. 7)

A lo largo del trazado conservado del canal se han identificado un total de cuatro registros cuadrangulares y once circulares, tipo *spiramina*; todos ellos salvo uno pertenecen al cuarto tramo del acueducto, por lo que es éste el que nos permite hacer una estimación de la distancia media que debió existir entre dos de estos elementos. En la mayoría de los casos se han calculado entre 53 y 78 m entre dos registros circulares o entre uno de estos y uno cuadrangular; sin embargo en cuatro ocasiones esta distancia se amplía hasta los 100 o 150 m, estando justificada en un caso por la existencia de una *arcuatio* de unos 90 m, el Acueducto III. El resto de las veces, sin embargo, este aumento del espacio que separa dos elementos de este tipo no aparece justificado, es por ello que consideramos que en esas ocasiones se ha podido producir la pérdida de un registro. Si la hipótesis fuera acertada, la distancia media entre dos de estos puntos de inspección del canal debió ser unos 60 m, o en todo caso entre de entre 50 y poco más de 70 m, entre 170 y 236 pies.

Como se ha dicho, se pueden distinguir dos tipos de registros diferentes, cuadrangulares y circulares, ambos construidos en *opus incertum*. Los cuadrangulares se localizan de forma exclusiva a continuación de una construcción sobre arcos y presentan en el fondo un receptáculo de profundidad variable, que debió servir como desarenador o *piscina limaria* de pequeñas proporciones, es decir aquí debían depositarse todos aquellos elementos arrastrados por el agua cuya eliminación era necesaria pues podían contribuir al deterioro u obstrucción de los conductos. En el caso del desarenador 1, el receptáculo tiene una profundidad de 25 cm; 75 cm en del desarenador 2; y 30 y 90 cm respectivamente para los números 3 y 4. En general el encañado del pozo presenta unas dimensiones de entre 70 y 90 cm de lado, y una profundidad que va desde los 190 cm del desarenador 1 a los 2.60 m del desarenador 4. En todos los casos se produce una leve diferencia de cota entre los canales de entrada y de salida, que oscila entre 1.7 y 1.9 cm, encontrándose siempre más elevado el de entrada.

Los *spiramina*, registros circulares construidos exclusivamente para garantizar el acceso al canal, tanto en las labores de control como en las de reparación, presentan un diámetro de 75 o 80 cm, aproximadamente 2.5 pies romanos y una profundidad variable de entre 2.30 y 4.00 m desde la base del canal hasta el borde del encañado del pozo. En todos los *spiramina* conservados se ha documentado la existencia de dos hiladas enfrentadas de agujeros en las paredes del pozo, que funcionaron a modo de escaleras para permitir el acceso al canal, pero sobre todo para facilitar la salida de los operarios de mantenimiento.

Realmente interesante resulta la diferente posición ocupada a lo largo del trazado del acueducto de los dos tipos de registros, pues como se ha destacado, los cuadrangulares aparecen de forma exclusiva inmediatamente aguas abajo de una construcción arcada, mientras que los circulares se localizan a intervalos regulares a lo largo del trazado del canal, funcionando únicamente como accesos al mismo. Una posibilidad es que la

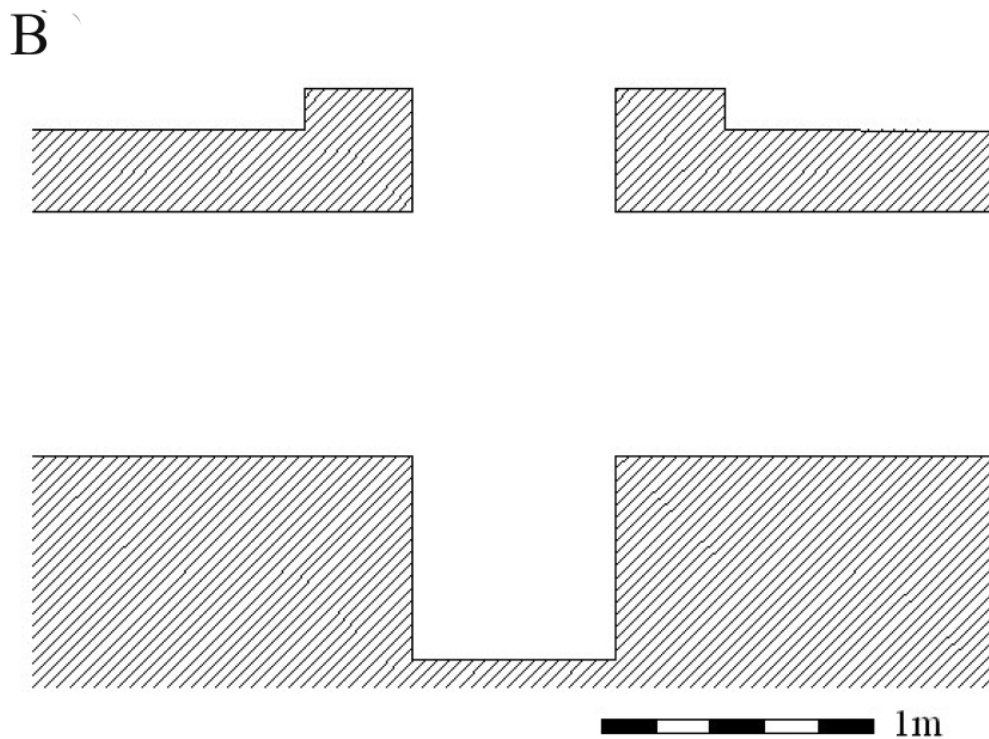
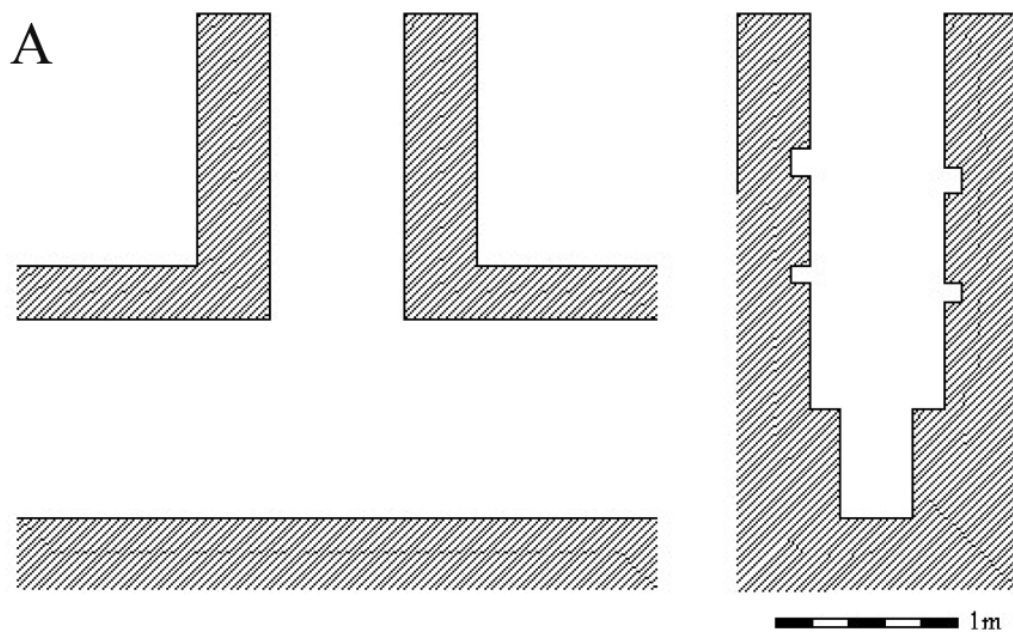


Fig. 7.—*Spiramen* y desarenador del acueducto de Almuñécar.

distribución de estos elementos sea indicativa de la existencia de diferentes equipos de trabajo en la construcción del acueducto, estando ligados los cuadrangulares a aquellos más especializados encargados de la edificación de las *arcuationes*, mientras que los de tipología circular serían construidos por las cuadrillas encargadas de la construcción del canal subterráneo; sin que pueda descartarse sin embargo que las diferencias se deban únicamente a una cuestión funcional. Sólo la excavación sistemática del trazado de la conducción podría dilucidar este asunto.

Arcuationes

De las nueve construcciones arcadas constatadas a lo largo del trazado del acueducto de Almuñécar —cuatro en río Verde, otras cuatro en río Seco y el *venter* del sifón en la zona de La Carrera—, hoy en día solamente resultan visibles seis, todos ellos construidos en *opus incertum*.

El primero es el conocido como Acueducto de Torrecuevas; con 130 m de longitud, está formado por 16 arcos de 4.90 m de luz (16.5 pies romanos), y dos de 2.80 m (9.5 pies) que flanquean a uno de 4.90 m bajo el cual debía discurrir el riachuelo que se formaría en el barranco del mismo nombre; separados por pilares apoyados sobre zapatas de base cuadrada de 1.80 m de lado de media (6 pies), que sobresalen unos 15 cm a cada lado con respecto a las dimensiones del espacio entre arcos¹². En todos los pilares se abren arcos de aligeramiento de 60 cm de luz (2 pies) y 1.20 m (4 pies) de altura, característica que no se repite en ninguna de las demás *arcuationes* visibles. La construcción, con una sección de 1.45 m (5 pies), muestra una banda superior claramente individualizada del resto de la obra mediante el recurso a la realización de una moldura formada por lajas de piedras que parece separar el canal por el que discurre el agua de la obra que lo sustenta.

La siguiente *arcuatio* de cuya existencia hay constancia es una construcción de dos arcos de los cuales sólo es visible un arco muy reconstruido, pues el resto de la estructura se encuentra bajo un edificio construido en las últimas décadas. El arco, que parece no conservar ninguna de sus características originales, cuenta con unas dimensiones de 2 m de luz y un metro de altura máxima.

A continuación, enterrada por la terraza de cultivo debió existir una obra de tres arcos, según las referencias de Fernández Casado (1949:319), de la que solamente es visible la clave de uno de ellos.

La última construcción arcada documentada en la cuenca de río Verde es una *arcuatio* formada originalmente por dos arcos de 4.90 m de luz, enmarcados por otros dos de 2.80 m, y una sección de 1.45 m, que actualmente se encuentra semioculta tras un muro de hormigón. También en este caso es claramente distinguible el canal del resto de la obra, sin que exista por ello el recurso a una moldura que señale el límite

12. En el caso de los dos arcos de menores dimensiones el punto en el que se produce en ensanchamiento de los pilares no se corresponde con el inicio de la zapata si no con la imposta.

entre ambos elementos. Se trata, por el contrario, de un ligero retraimiento de la pared exterior del canal con respecto al plano creado por la *arcuatio*.

Poco después de llevarse a cabo el cambio de cuenca, aparecen evidencias de la existencia de un arco construido para salvar un pequeño barranco, principalmente la moldura realizada con lajas, separando el canal propiamente dicho de la construcción que lo sustenta, así como unas lajas de piedra colocadas en posición vertical que parecen constituir la clave de un arco, evidencia de que debe tratarse de una pequeña *arcuatio*, de un solo arco según el mapa de Fernández Casado (1949:319), más que de una *substructio*.

La siguiente construcción arcada es el conocido como Acueducto I, de 43 m de longitud y cuatro arcos de 4.90 m de luz enmarcados por dos de 2.80 m., con pilares de 1.80 m de lado de media. En la parte más alta de la construcción el canal se encuentra claramente individualizado y separado de la *arcuatio* mediante una moldura de lajas de piedra.

La progresiva elevación del canal con respecto a la cota a la que discurre el río obliga a afrontar los barrancos a una altura cada vez mayor, lo que implica también la construcción de *arcuationes* de mayores dimensiones. De este modo el Acueducto II, de 68 m de longitud, está formado por dos arcos de 2.80 m de luz que enmarcan otros nueve de 4.90 m; la altura de la obra parece que obligó al tapiado de la parte inferior del espacio existente entre los pilares de los tres arcos centrales, abriéndose en los mismos sendos arcos de 2.75 m de luz, que funcionan como refuerzo a la estabilidad de la construcción. Los pilares son de planta cuadrangular de aproximadamente 1.80 m de lado. De nuevo en la parte superior de la obra el canal se encuentra claramente individualizado del resto.

La última gran construcción de la cuenca de río Seco es el denominado Acueducto III, una obra de 72 m de longitud formada por un cuerpo superior de once arcos, entre ellos nueve de 4.90 m de luz flanqueados por dos de 2.8 m, y otro inferior con tres arcos de 2.80 m de luz. Ambos niveles resultan ser independientes, pues las dos hiladas de arcos no comparten pilares de apoyo, que ni siquiera se encuentran alineados; al tiempo que la anchura de los “pilares” de abajo, 3.30 m de media (11 pies) y mucho mayor que la de los de arriba (1.75 m), da más bien la sensación de una *substructio* en el que se hubiesen abierto oquedades. En sección, el cuerpo inferior presenta una anchura aproximada de 2.30 m hasta la imposta de los arcos, punto a partir del cual se reduce hasta 1.20 m.

El *venter* (lám. II) del sifón constituye la novena de las construcciones arcadas documentadas a lo largo del trazado del acueducto de Almuñécar. Se conservan un total de 100 m, con 17 arcos de 4.15 m de luz de media (14 pies), en uno de ellos, actualmente decorado con sendas pilastras, se documentó una amplitud levemente mayor, 4.20 m. Cuatro de los arcos se encuentran hoy en día derruidos. Se trata de la única construcción arcada del acueducto que ha sido objeto de un sondeo estratigráfico, que incluyó concretamente dos de sus pilares, los identificados con los números 3 y 4. Como resultado del mismo se documentó que estos cuentan con una zapata de cimentación de 1.50 m de potencia, que sobresale unos 20 cm en la cara externa del pilar (Burgos *et al.*, 2004). No se han conservado restos del canal sobre la construcción, aunque sí algunas evidencias de la moldura que la separaba de la obra que lo sustentaba.

Todas las *arcuationes* conservadas a lo largo del trazado del acueducto de Almuñécar muestran una serie de elementos comunes que merecen ser destacados, pues evidencian una cierta estandarización o el respeto a unas directrices establecidas al principio de su construcción. En general, salvo en el caso del *venter* del sifón, está formado por una combinación de arcos de 4.90 y 2.80 m de luz, 16.5 y 9.5 pies romanos respectivamente, circunstancia que evidencia una posible elección de tipo económico al permitir la reutilización de las cimbras. El otro elemento común a casi todas las construcciones es la individualización del canal con respecto a la obra que lo sustenta mediante una moldura realizada en el mismo material empleado para construcción de todo el conjunto.

El sistema de sifón inverso (fig. 8)

Los sifones inversos, basados en el principio de los vasos comunicantes y destinados a conducir el agua a través de profundas depresiones o largas llanuras, presentan desde época helenística una estructura similar basada en tres elementos fundamentales: un depósito de cabecera y otro final, unidos ambos por una conducción a presión.

El sifón localizado en Almuñécar fue construido para salvar la gran vaguada que separa el Cerro de la Santa Cruz del promontorio donde se ubicaba la ciudad antigua, de unos 800 m de longitud y 40 de profundidad. El depósito de cabecera debió estar ubicado en el extremo sur del cerro de la Santa Cruz, concretamente Fernández Casado (1949:331) lo localiza en una estructura circular con cúpula, hoy muy transformada, a aproximadamente 54 m.s.n.m., y que según las noticias aportadas por Molina Fajardo (2000, 98) sustituye a una obra anterior muy profunda con una galería de entrada de agua y otra de salida. Este primer elemento debió contar con algún sistema de limpieza, a modo de *piscina limaria*.

A partir de este punto el canal pasaba a discurrir por piezas cerámicas de 34 cm de largo, con 20 cm de diámetro externo y 16 de diámetro interno, fijadas al fondo de un canal de 1,60 m de alto y 70 cm de ancho (Molina, 2000:102), y unidas entre sí a enchufe y cordón mediante un mortero de cal (Fernández, 1949:331). El recorrido exacto de la conducción a través de la vaguada es difícil de establecer, aunque en el sector más profundo de la misma fue elevada sobre una construcción arcada, de la que se conservan diecisiete arcos, que funcionó como *venter* elevando este tramo de

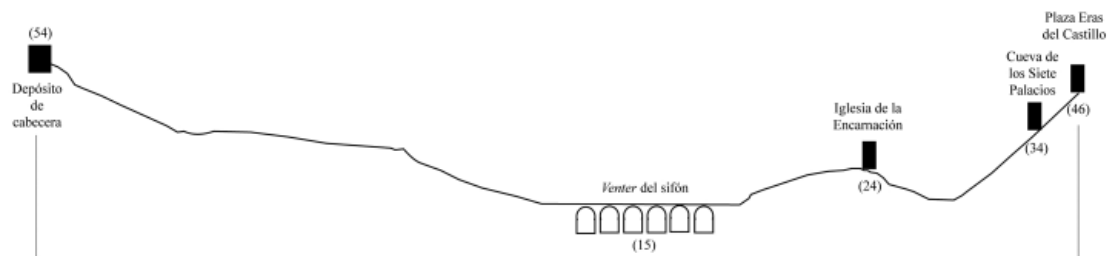


Fig. 8.—Sección del sifón del Almuñécar.

la tubería con el fin de reducir la potencia de la columna de agua soportada. Un poco más adelante el agua iniciaría la ascensión hacia la ciudad y su depósito terminal.

La cuestión de la localización del *castellum aquae* del acueducto es un tema controvertido para el que existen diferentes hipótesis. En 1949 Fernández Casado propuso su ubicación en la Cueva de los Siete Palacios (34 msnm.), donde la canalización llegaría tras haber pasado por un punto cercano a la actual Iglesia de la Encarnación. Una segunda propuesta fue la presentada en 2000 por Molina Fajardo, quien tras llevar a cabo una excavación arqueológica en la Cueva, desestimó su uso hidráulico proponiendo la localización del depósito en la Plaza Eras del Castillo, punto más elevado de la ciudad antigua (46 msnm.). La tercera hipótesis plantea la posibilidad de su emplazamiento a una cota muy inferior (24 msnm.) en el solar ocupado actualmente por la mencionada iglesia (Ruiz, 1990:119; González y Velázquez, 2005:136).

Muy posiblemente vinculada a este sistema debió encontrarse la torre descrita en las fuentes árabes¹³ que hacen referencia a la ciudad de Almuñécar, una antigua torre, que algunos describen como piramidal, de unos 100 codos de altura, (40 o 42 m), por la que ascendía y descendía el agua traída desde lejos por una acequia. Según las descripciones se encontraba al norte de la vieja fortaleza, referencia que según Gómez Becerra (1995:197) debe vincularse no al castillo islámico, demasiado reciente, sino a los restos de la gran plataforma construida para configurar el centro de la ciudad romana.

La primera hipótesis en relación a esta torre se debe a Fernández Casado (1983:511), quien calculó que el agua transportada por el sifón alcanzaría los depósitos terminales situados en la Cueva de los Siete Palacios con un exceso de presión de aproximadamente 8 m, lo que haría necesaria la construcción de un elemento de descarga, una alta torre por la que el agua rebosaría para caer en el depósito. Este planteamiento teórico sería compartido por González Tascón, que coincide en destacar que a la salida del sifón el agua no habría alcanzado la altura suficiente para ver reducida su velocidad, lo que hizo necesaria la elevación artificial de las tuberías mediante el empleo de una torre o *columnaria*, que sitúa sin embargo en el emplazamiento de la actual torre de la Iglesia de la Encarnación (González, 2002:92-93).

El término *columnaria*, *colliviaria* o *coliquiaria*, según las diferentes transcripciones, empleado por Vitrubio (VIII, VI, VI) para hacer referencia a un elemento presente en los sistemas de sifón, es en la actualidad problemático y polémico. Según el tratadista, se trataría de un aliviadero para la presión provocada por el aire en las tuberías, pero su explicación resulta oscura¹⁴. Para Hodge (2002:241), sin embargo, las interpretaciones más comunes, y según él plausibles para el elemento presentado por Vitrubio, se han vinculado a solucionar problemas causados por los cambios de presión; tal vez algún tipo de depósito abierto a la cota natural del agua hasta el que las tuberías ascienden y desde el que vuelven a descender hasta alcanzar de nuevo el nivel del sifón. Una especie de columna piezométrica (Hodge, 1983:208) formada por

13. Se trata de las descripciones del geógrafo daliense Al Udri (s. XI), del cartógrafo ceutí Al Idrisi (s. XII), del historiador andalusí Al-Himyari (s. XIII-XIV) y del polígrafo lojeño Ibn al-Jatib (s. XIV).

14. El aire en las tuberías resultaría especialmente problemático en el caso de que el sistema contara con un punto elevado, donde la presión estática fuera menor y donde el aire se pudiera almacenar en forma de burbujas o bolsas pudiendo llegar a obstruir la conducción

dos tubos verticales, sin contacto directo entre sí, que alcanzan un depósito por el que obligatoriamente debe pasar el agua conducida por el sifón; un recurso documentado en el acueducto norte de *Caesarea* (Israel) (Peleg, 1999) y para Hodge (1983) en Les Tourrillons del acueducto de La Craonne (Lyon).

En el caso de Almuñécar las posibilidades de interpretación de la torre descrita por los tratadistas árabes son variadas, pues si consideramos que los depósitos terminales del acueducto se localizaban en la zona de la Iglesia de la Encarnación (24 msnm) o en la Cueva de los Siete Palacios (34 msnm), la cota a la que se encuentran estos puntos pudo hacer necesario un dispositivo como el propuesto por Fernández Casado; pero si la localización propuesta es la de la Plaza Eras del Castillo (46 msnm), teniendo en cuenta la fricción soportada por el agua en su trayecto desde el Cerro de la Santa Cruz (48 msnm), un mecanismo similar no sería necesario. Aunque en el caso de la ubicación del *castellum aquae* en la zona más elevada de la ciudad, el sifón debería superar un punto conflictivo al atravesar el sector de la Iglesia, como parece demostrar una fotografía publicada por Grewe (1991:53) en la que se observan los restos de dicha tubería en el recinto eclesiástico. Al encontrarse la iglesia de la Encarnación sobre un promontorio, se produciría en este sector una reducción de la columna de agua, circunstancia que podía facilitar la formación de bolsas de aire que hubieran hecho necesario algún tipo de dispositivo de eliminación del tipo al propuesto por Vitrubio.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Materiales pétreos

Las rocas empleadas en el *opus incertum* utilizado para la construcción de diferentes elementos como las *arcuationes* o los registros que jalonan el acueducto así como en las paredes, la cimentación en *caementicium* y en la bóveda del canal, proceden esencialmente del entorno inmediato al trazado de la conducción, principalmente esquistos (entre los cuales cabe destacar micaesquistos, micaesquistos con granate, calcoesquistos, etc.) y cuarcitas; todos ellos materiales cuaternarios típicos de los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride, arrastrados por los ríos Verde y Seco desde zonas internas de la Cordillera Bética.

Los morteros

Más complejo es el estudio de los morteros utilizados como elemento de unión de las piedras empleadas en la construcción, y de aquellos que sirvieron como recubrimiento interior impermeabilizante del canal. Es por ello que, aprovechando que la excavación en la zona de El Convento, en Torrecuevas (Arroyo *et al.*, e.p.; Puerta *et al.*, e.p.) sacó a la luz un sector del canal, se decidió llevar a cabo una toma de muestras; entendiéndose que al tratarse de un tramo de canalización aún enterrado existían mayores probabilidades de que se conservasen los morteros originales. Las labores

de excavación pusieron de manifiesto agujeros y reparaciones en diferentes puntos de la cubierta, así como reparaciones de mortero en la parte inferior de las paredes en los sectores más cercanos a las roturas de la bóveda, donde las paredes aparecieron recubiertas de lo que parecía ser cemento moderno; sin embargo, en las zonas más alejadas de las roturas los morteros no evidenciaron reparaciones visibles, por lo que podría considerarse que se trataba de morteros originales.

Como resultado de los diferentes análisis¹⁵ se puede deducir que en el caso del mortero exterior (muestra 3) y del recuperado en la parte superior de la pared interna del canal (muestra 2), el aglutinante empleado fue principalmente la cal. Sin embargo, para la parte inferior de las paredes (muestra 1), aquella presumiblemente en contacto con el agua, el aglutinante empleado fue la dolomita, elemento cuya presencia ha sido destacada en los morteros puzolánicos (Maravelaki-Kalaitzaki *et al.*, 2003:656; Gotti *et al.*, 2008), en los que el uso de puzolanas, arcillas o esquistos¹⁶ activados podría explicar la elevada proporción de silicatos. Por todo ello se podría concluir que por sus características la muestra 1 se corresponde con un mortero concebido para el contacto con el agua y en consecuencia para impermeabilizar el canal, características en parte compartidas por el mortero 2, para el cual el poder impermeabilizante pudo ser menor.

SECCIÓN DE LA CONDUCCIÓN

Contexto geomorfológico

La cuestión de las pendientes de la canalización debió ser un tema de suma importancia para los ingenieros encargados de la construcción de los acueductos, pues de su correcto desarrollo dependía que el agua alcanzase de forma satisfactoria su destino; y muestra de ello es su tratamiento específico en las fuentes. Desde un punto de vista puramente teórico, los autores antiguos aportaron diferentes cifras relativas a la pendiente adecuada de una conducción: parece que Philo en su perdida *Hydragogía* afirmaba que la pendiente del canal debía ser de aproximadamente 5 m/km (12 dactilos por cada 100 codos), gradiente que según Lewis (2000:347) resulta adecuado para una zanja excavada en la tierra pero no para un acueducto de revestimiento liso, a pesar de lo cual la proporción sería mantenida por Vitrubio (VIII, 6.1: medio pie por cada 100 pies)¹⁷; por su parte, Plinio reduce de forma muy significativa la pendiente perfecta de un acueducto, recomendando un *silicus* por cada 100 pies (Nat. XXXI 57), unos 0.208 m/km. Sin embargo, la realidad es que los diseñadores de los acueductos

15. Las analíticas (composición química, densidad y porosidad aparente y granulometría) han sido realizadas por VORSEVI S.A.

16. Entre las formas artificiales aunque tradicionales de crear puzolanas se encuentran la activación de arcillas o esquistos, mediante su calentamiento a 600 o 800 °C y su posterior triturado (Cassinello, 1996: 109).

17. Faventinus (VI), fruto de una lectura parece que errónea del texto de Vitrubio, recomendaría un pie y medio por cada 100, unos 15 m/km.

debieron adaptarse a los condicionamientos impuestos por la orografía del terreno, de lo que resulta generalmente la combinación de pendientes de muy diversos grados¹⁸.

El acueducto de Almuñécar inicia su recorrido en el curso medio de río Verde, dentro del conjunto de las Cordilleras Béticas, que junto al Rif norteafricano constituye la cadena más occidental del ámbito peri-mediterráneo (Sanz de Galdeano, 1990). De forma más precisa se localiza dentro del complejo Alpujárride, entre cuyas características destacan los pliegues de gran envergadura, consecuencia de lo cual resulta el escarpado paisaje por el que discurre el canal, caracterizado por la existencia de formaciones montañosas de gran envergadura con estribaciones que corren paralelas a la costa y a escasos kilómetros de la misma, atravesadas por ríos de escaso recorrido con cuencas de elevadas pendientes en sus laderas y cauces. Caso de los ríos Verde y Seco, por cuyas vertientes discurre la canalización. Sin duda la compleja orografía del territorio debió influir de forma determinante en el trazado del acueducto, pues la localización de la urbe sobre un promontorio obligó a los ingenieros a buscar una fuente de captación a una altitud suficiente como para que el agua pudiera ser conducida a la ciudad manteniendo una cota que permitiese salvar el fuerte desnivel final mediante el recurso al sistema de los vasos comunicantes.

Sea cual fuere la razón por la que el medio escogido para realizar la captación de agua fuese la galería de infiltración, esta fue construida aguas arriba de la actual localización del santuario de la Virgen del Agua, punto a partir del cual el cauce sufre frecuentes estrechamientos que provocan la elevación del nivel freático, lo que reduce la profundidad a la que era necesaria construir la galería. Tras realizar la captación de aguas, y superar un sector donde no tenemos constancia de restos de la conducción, el acueducto de Almuñécar discurrió enterrado por la orilla derecha de río Verde sin elevarse mucho sobre la cota del cauce, y sin recurrir a elevadas obras de ingeniería debido a la inexistencia de profundos barrancos en este tramo del río. A partir del momento en que el perfil oeste de la ladera del río comienza a hacerse realmente tortuoso debido a la presencia de frecuentes y profundos barrancos, circunstancia que pudiera haber dificultado y encarecido la continuación del canal, se produce el cambio de cuenca. Superado el farallón rocoso que separa ambos valles mediante la excavación de un túnel, la excesiva pendiente de río Seco exigía la elevación paulatina el canal sobre el nivel del cauce, al tiempo que los barrancos transversales al mismo obligaban a edificar tres grandes construcciones arcadas con las que superarlos. El último accidente orográfico que la conducción tuvo que salvar fue la citada vaguada que separa el promontorio donde se ubicaba la ciudad de su entorno, para lo que era necesario,

18. Simplemente como evidencia de esta enorme variabilidad de las pendientes en los acueductos romanos, se presenta a continuación un breve listado:

Gier (Lyon, Francia): pendiente media de 0.30 m/km, con sectores de 0.50 y 0.20 m/km (Burdy, 1997).

Fréjus (Francia): pendiente media de 13.66 m/km, con sectores que presentan una pendiente de 82 m/km y otros con 0.2 m/km (Gébara y Michel, 2004).

Punta Paloma (*Baelo Claudia*): 9.5 m/km (Jiménez, 1973).

El Molino (*Baelo Claudia*): 45 m/km (Sillières, 1997).

Aqua Augusta (Córdoba), pendiente hipotética de 17 m/km reducida gracias al empleo de pozos de resalto hasta los 6.8 m/km (Ventura, 1993).

como se ha dicho, que el canal alcanzase este punto con la cota suficiente para poder remontar a continuación la ladera opuesta.

Aproximación a las pendientes del canal (fig. 9)

Para llevar a cabo el estudio de las pendientes del acueducto de Almuñécar, ha sido necesaria la localización de los restos visibles de canal mediante coordenadas UTM, tomando en el caso en que la base del canal fuese accesible datos relativos a su cota absoluta sobre el nivel del mar (msnm).

Para ello se ha recurrido al empleo de un GPS Leica System 1200 con radio módem, capaz de sintonizar con el sistema RAP (Red Andaluza de Posicionamiento), una red de 22 estaciones permanentes GPS que cubren de forma homogénea la Comunidad Andaluza creando un marco geodésico de referencia único y estable con servicio de correcciones en tiempo real (Torrecillas *et al.*, 2005). En los casos en que la compleja orografía del territorio dificultaba el acceso a la RAP, se procedió a generar y trasladar bases de coordenadas conocidas, desde las cuales ubicar los restos existentes de la conducción mediante el recurso a una Estación Total.

Las coordenadas UTM exactas de los restos de canal del acueducto fueron posteriormente volcadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG), concretamente se trabajó utilizando el programa Arcview 3.2 y la cartografía a 1:2000 del TM de Almuñécar y 1:10000 del TM Jete. El empleo de estas herramientas permitió crear una amplia base de datos asociada a una cartografía georeferenciada actualizada, utilizada como punto de partida para generar una hipótesis de trazado que nos permitiera solventar los huecos en la conducción a la hora de llevar a cabo el estudio de las pendientes de la misma.

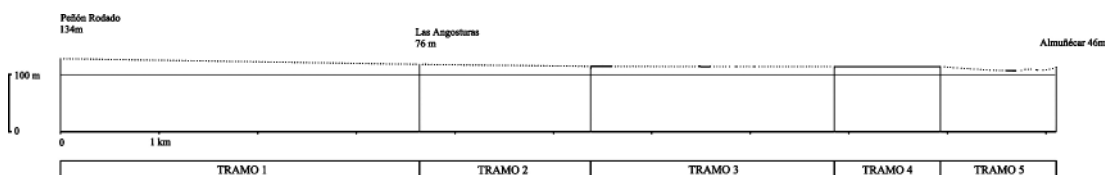


Fig. 9.—Perfil de pendientes del canal del acueducto de Almuñécar.

Tramo 1. Captación

Actualmente no existen restos visibles de la captación del acueducto de Almuñécar, aunque, como se ha visto, existen diferentes descripciones de los distintos elementos conocidos de la misma, así como datos de su localización.

Por un lado el tramo de canal localizado en 1992 con motivo de unas obras de encauzamiento de río Verde aguas arriba del municipio de Jete (Yáñez *et al.*, 1994).

Este tramo de canal localizado en un estrechamiento del cauce de río Verde, una especie de cañón en las cercanías del paraje conocido como Peñón Rodado (TM de Otívar), se ubica a aproximadamente 134 msnm.¹⁹

Por otro lado se encuentra la galería de infiltración localizada en 1875 en Las Angosturas, cuyo punto final se encuentra a unos 3650 m aguas abajo²⁰ de los restos localizados en Otívar. Gracias a las descripciones realizadas por los operarios encargados de su limpieza a principios de la década de los 80 del siglo XX, se sabe que la galería se encuentra enterrada a 4 o 5 m bajo el lecho del río, cuya altitud actualmente es de 80 msnm; por ello se puede suponer que el final de la galería se encontraría a aproximadamente 76 msnm.

Aunque los datos con los que contamos para el que se ha definido como tramo 1, el relacionado con los posibles restos de elementos vinculados a la captación del acueducto, son muy aproximados, pueden servirnos para realizar un primer acercamiento a las características generales de la conducción en esta zona. De este modo, el desnivel medio existente entre el punto más alejado de la ciudad donde se han localizado posibles restos de la conducción y el final de la galería de infiltración descubierta en el siglo XIX es de 15.89 m/km. Una pendiente tan elevada debió provocar que el caudal alcanzase velocidades muy altas, recurso empleado en ocasiones por los ingenieros romanos en canalizaciones de difícil acceso, pues la propia fuerza del agua garantizaba el arrastre de cualquier elemento que pudiera llegar a obstruir el canal y reducía las necesidades de acceso para la limpieza del conducto (Hodge, 2002:217; Gébara y Michel, 2004:94). Aunque, por otra parte, si la velocidad del agua resultaba excesiva, pudo recurrirse a diversos sistemas de ruptura de presión, hoy en día no localizados.

Tramo 2. Acequia del Rey

No existen datos a cerca del siguiente tramo del acueducto de Almuñécar, pues la canalización antigua no ha podido ser localizada, habiendo sido sustituida en su función por una acequia que recoge el agua de la galería de Las Angosturas y que cuenta con un ramal que conecta con el inicio del Tramo 3 del acueducto. Este tramo de unos 1700 m de longitud, presenta un desnivel medio de 11.032 m/km, existiendo hoy en día un sistema de ruptura de presión mediante catarata en la zona de El Serrallo.

Tramo 3. Canal en la cuenca de río Verde

A lo largo del tercer tramo del acueducto se han podido establecer pendientes parciales²¹ en diferentes sectores del recorrido. Así, en el sector definido como La

19. Agradecemos a D. Antonio Bustos Pretel, vecino de Jete y coautor del libro *Nuestra Señora la Virgen del Agua. Jete*, su amabilidad y buena disposición al llevarnos hasta el lugar exacto del hallazgo.

20. Distancia calculada siguiendo los contornos de la margen occidental de río Verde.

21. A lo largo de los diferentes tramos conservados del acueducto, y de forma más concreta en

Vegueta, la pendiente del canal es de 1.165 m/km, bastante similar a la existente en la zona de El convento (1.2 m/km). Aguas abajo parece producirse sin embargo una reducción en la pendiente del canal, pasando a ser de 0.2857 m/km en el sector de la *arcuatio* de tres arcos y de 0.55 m/km en aquel donde se encuentra la construcción de cuatro arcos.

Calculadas las pendientes parciales, resultaba interesante conocer la pendiente media general del Tramo 3, medida a partir de los datos conocidos del punto de entrada del túnel excavado en la zona de La Vegueta y del último punto donde la altitud del canal ha podido ser medida en río Verde²², la salida de la *arcuatio* de cuatro arcos. Siendo la distancia entre ambos puntos de 1.664 km y el desnivel total de 2.264 m, la pendiente media de este tercer tramo de la conducción romana es de 1.36 m/km.

Antes de reaparecer en la cuenca de río Seco, el canal debía salvar mediante un túnel la formación rocosa que separa ambos cursos de agua en la zona de El Portichuelo. Actualmente desconocemos el trazado exacto de esta galería excavada en la roca, lo imposibilita el cálculo de su pendiente.

Tramo 4. Canal en la cuenca de río Seco

El buen estado de conservación en el que se encuentra el canal en su trayecto por el margen derecho de la cuenca de río Seco, ha permitido establecer las pendientes medias existentes entre gran parte de los elementos conservados. De este modo se ha podido observar que en los tramos de mayor pendiente, esta se halla en torno a 1.35 m/km, al tiempo que se ha constatado la presencia de tramos en los que la pendiente se muestra contraria al discurrir del agua hacia la ciudad, una pendiente “negativa” que se encuentra entre 0.034 y 0.4 m/km. Sin embargo, a pesar de la presencia a lo largo de este Tramo 4 de numerosas secciones del canal que presentan esta característica, producto posiblemente de las continuas reparaciones hechas en la canalización por agricultores que buscaban el riego de sus propiedades particulares, la realidad es que la pendiente general de la conducción se dirige hacia el *municipium*. Así, este tramo, de una longitud total de 1.075 m, presenta una pendiente media de 0.12 m/km, cifra inferior a la observada a lo largo del resto del recorrido del canal que pudo tener como finalidad evitar una pérdida excesiva de carga que pusiera en dificultades el buen funcionamiento del sistema de sifón.

las diferentes secciones menores en las que la pendiente del canal ha podido ser analizada de forma más pormenorizada, se han observado importantes variaciones, que según estudios llevados a cabo en acueductos como los de Siga en Argelia (Grewé, 1985) o Nîmes en Francia (Fabre *et al.*, 2000), podrían ponerse en relación con la identificación de diferentes equipos de trabajo en la construcción de la canalización.

22. En la cuenca de río Verde existe una *spiramina* a unos 60 m aguas abajo de la *arcuatio* de cuatro arcos, sin embargo la profundidad de la misma, unida a su deterioro, impidieron la medición de la altitud del canal en este punto.

Tramo 5. El sifón

Más compleja es la situación en la gran vaguada que separa la finca del Cercado de la Santa Cruz del cerro de San Miguel, donde se localizó la ciudad antigua. De este tramo se conserva únicamente parte del *venter* del sifón, formado por diecisiete arcos, cuatro de ellos derruidos; sin que quede constancia de la base del canal sobre la que se apoyó la canalización cerámica constatada en excavaciones llevadas a cabo en las proximidades de este punto.

A pesar de ello, se supone que el depósito de cabecera del sistema debió encontrarse a unos 54 msnm, altitud establecida en función de la base del *specus* en el *spiramen* 11; sin embargo los únicos componentes conocidos del sifón lo constituyen restos de la canalización cerámica, difícilmente ubicables hoy en día, y los arcos del *venter*, del que sólo podemos aportar datos aproximados relativos a la altitud del canal, entre 14.5 y 15 msnm, localizándose el primer arco a unos 650 m del posible emplazamiento del depósito de entrada al sistema de conducción a presión.

A partir de este punto, el perfil del sifón vuelve a ser difícil de reconstruir, y depende de las diferentes hipótesis presentadas a lo largo del último medio siglo. Así, mientras que para unos los depósitos terminales se encontrarían en la zona de la Iglesia de la Encarnación (González y Velázquez, 2004), localizada a unos 24 msnm, resultando un sifón de unos 900 m de longitud; para otros se encontrarían en el sector más elevado del cerro, concretamente en la Cueva de los Siete Palacios (Fernández, 1949), situada a unos 34 msnm, con lo que el sifón tendría 1100 m, o en la Plaza Eras del Castillo (Molina, 2000) a unos 46 msnm, lo que implicaría unos 1200 m. de recorrido. En estos dos últimos casos, la canalización antes de llegar a su punto final debería salvar el promontorio donde se localiza la iglesia, de lo que resultaría un sistema de doble sifón.

En conclusión, y dejando aparte el último tramo, que sería recorrido mediante un sistema de conducción a presión, a lo largo del trazado conservado del acueducto romano de Almuñécar, se han podido constatar oscilaciones en la pendiente del canal entre los 1.20 m/km de la zona de El Convento y los diferentes tramos de pendiente contraria a la general documentados en el Tramo 4; pudiendo hablar de un desnivel medio, calculado entre el primer punto en que el canal es visible a la entrada del túnel localizado en La Vegueta y el *spiramen* 11, de 0.708 m/km.

CONCLUSIONES

Lamentablemente no existen evidencias epigráficas vinculadas al acueducto de Almuñécar, que pudiesen arrojar luz sobre la cronología de su construcción. Aunque se puede proporcionar una cronología relativa para el mismo, pues se ha podido constatar que otra de las construcciones públicas de la ciudad adapta su estructura a la existencia del *venter* del sifón. Se trata concretamente de las termas documentadas en la zona conocida como La carrera, fechadas a mediados del I d.n.e. (Burgos *et al.*, 2004:434); circunstancia que plantea la edificación de la conducción de aguas antes de ese momento, posiblemente durante la primera mitad de dicha centuria.

Pero estas no son las solas construcciones de envergadura que pueden fecharse en este primer siglo de nuestra era, pues el centro neurálgico de la *civitas* también debió construirse a lo largo del siglo I, como evidencian los restos excavados en el interior de la Cueva de los Siete Palacios, donde se identificaron lo que se interpretó como posibles contextos domésticos de finales de la época republicana destruidos para construir el complejo que debió sustentar la plaza del foro (Molina *et al.*, 1984; Molina, 2000; Sánchez, 2011); al tiempo que las esculturas asociadas a ambientes públicos de la ciudad han sido fechadas a mediados del siglo I d.n.e. (Acuña, 1975:38-41; Stemmer, 1978:68, V24; Balil, 1978: n.º 15; Balil, 1988: n.º 195; Molina, 1983:292 y 297; León, 1990:375-376; Baena, 2000; Sánchez y Moreno, 2012).

Este auge constructivo, en el que muy posiblemente debieron incluirse edificios hoy no localizados, debe ser muy probablemente puesto en relación con un cambio estatutario, la municipalización de *Sexi* en la segunda mitad del siglo I a.n.e.; proceso que coincide en la gran mayoría de los núcleos urbanos con la construcción de nuevos edificios y una serie de obras de infraestructura acorde con su nuevo status y sus recién adquiridas necesidades (Melchor, 1993; Keay, 1998:63; Wulff, 2001:451; Goffaux, 2003). Pero también hay que destacar su coincidencia temporal con el que parece ser el momento de mayor florecimiento de la industria conservera sexitana (Molina *et al.*, 1984; Molina, 2000:179-181; Puerta y Burgos, e.p.), actividad por la que *Sexi* fue conocida en todo el Mediterráneo, y que debió ser esencial en un impulso económico que se tradujo en el importante desarrollo urbano, pero también en la dotación de infraestructuras que parece experimentó el municipio a lo largo del siglo I d.n.e.

Contextualizada cronológicamente la construcción del acueducto sexitano, es necesario también tratar de entender su verdadera funcionalidad. Por una parte, debió servir para el abastecimiento urbano propiamente dicho, garantizando el abastecimiento de agua a la población del municipio así como a los principales edificios de la ciudad. Pero parece también bastante claro que los entre 800 y 3.600 m³ diarios (Sánchez *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2010; Sánchez, 2011) con los que pudo contar la ciudad pudieron tener un fin bastante distinto, que podríamos definir como industrial, evidenciado por el canal de entrada de agua documentado en el sector NE del área excavada de El Majuelo. Usos a los que habría que añadir el agrícola, como parece apuntar el caudal sobrante que el sifón terminal no podía absorber —entre 2.000 y 23.000 m³ diarios—, así como los agujeros y desvíos en el canal documentados (Sánchez, 2011).

BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA FERNÁNDEZ, P. (1975): *Esculturas militares romanas de España y Portugal I. Las esculturas thoracatas*, Burgos.
- ARROYO PÉREZ, E., CABRERA JIMÉNEZ, E., PUERTA TORRALBO, D. y BURGOS JUÁREZ, A. (e.p.): “Intervención arqueológica en la carretera Almuñécar-Jete, barrio de Torrecuevas de Almuñécar (Granada), dentro del proyecto de ejecución de 22 viviendas unifamiliares adosadas, en la parcela propiedad de la empresa Inversiones Costa Salas S.L.”, *Anuario Arqueológico de Andalucía* 2008.
- BAENA DEL ALCÁZAR, L. (2000): “Contribución a CSIR de la Provincia de Granada”, *Baetica: Estudios de arte, geografía e historia* 22, pp. 231-264.
- BALIL ILLANA, A. (1978): “Esculturas romanas de la Península Ibérica II”, *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 44, pp. 379-374.
- BALIL ILLANA, A. (1988): “Esculturas romanas de la Península Ibérica IX”, *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 54, pp. 223-253.
- BURDY, J. (1997): “Normalisation et reconstruction des ponts de l’aqueduc du Gier (Lyon)”, *Les aqueducs de la Gaule romaine et des régions voisines*, Limoges.
- BURGOS JUÁREZ, A., PUERTA TORRALBO, D. y PÉREZ BARBAS, C. (2004): “Intervención arqueológica realizada en el Acueducto Romano de “la Carrera”, Almuñécar. (Granada)”, *Anuario Arqueológico de Andalucía, 2001 III vol. 1*, pp. 428-434.
- BURGOS JUAREZ, A. (e.p.): “Memoria de la intervención arqueológica de urgencia realizada en el acueducto situado en el Cercado de la Santa Cruz de Almuñécar (Granada)”, *Anuario Arqueológico de Andalucía*.
- CASSINELLO PÉREZ, F. (1996): *Construcción: hormigonería*. Madrid.
- CHANSON, H. (2000): “Hydraulics of Roman Aqueducts: Steep Chutes, Cascades and Dropshafts”, *American Journal of Archaeology* 104-1, pp. 47-72.
- FABRE, G., FICHES, J-L. y PAILLET, J. L. (dirs.) (2000) : *L’aqueduc de Nîmes et le Pont du Gard. Archéologie Géosystème Histoire*, Paris.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1949): “La conducción romana de aguas de Almuñécar”, *Archivo español de Arqueología* 22, pp. 313-333.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1983): *Ingeniería Hidráulica Romana*. Madrid.
- FONTANA TARRATS, J. M. (1946): “Una nota de historia económica. Los salazones y salsas de Almuñécar”, *Anales de Economía* VI, 24, pp. 363-378.
- GÉBARA, C. y MICHEL, J. M. (2004): *L’Aqueduc Romain de Fréjus. Sa description, son histoire et son environnement*, Montpellier.
- GOFFAUX, B. (2003): “Promotions juridiques et monumentalisation des cités hispano-romaines”, *Saldvie* 3, pp. 143-161.
- GÓMEZ BECERRA, A. (1995): “Almuñécar en el tránsito de la Antigüedad a la Edad Media”, *Florentia Iliberritana*, n.º 6, pp. 175-201
- GÓMEZ-MORENO, M. (1949): “Monumentos arquitectónicos de la provincia de Granada”, *Misceláneas. Historia, Arte, Arqueología (dispenda, emendata, addita, inedita). Primera serie: La Antigüedad*.
- GONZÁLEZ TASCÓN, I. (2002): “Ingeniería civil romana”, *Artifex. Ingeniería romana en España*, Madrid, pp. 33-176.
- GONZÁLEZ TASCÓN, I. y VELÁZQUEZ, I. (2004): “Los acueductos y sus técnicas constructivas”, *Ingeniería romana en España*, Madrid, pp. 105-141.
- GONZÁLEZ TASCÓN, I. y VELÁZQUEZ, I. (2005): *Ingeniería romana en Hispania. Historia y técnicas constructivas*, Madrid.
- GOTTI, E., OLESON, J. P., BOTTALICO, L., BRANDON, C., CUCITORE, R. y HOHLFELDER, R.L. (2008): “A comparison of the chemical and engineering characteristics of ancient roman hydraulic concrete with a modern reproduction of Vitruvian hydraulic concrete”, *Archaeometry* 50(4), pp. 576-590.
- GREWE, K. (1985): *Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen*.
- GREWE, K. (1991): “Die Römische Wasserleitung von Almuñécar (Sexi)”, *Antike Welt* 22, pp. 49-53.
- HODGE, T. A. (1983): “Siphons in Roman Aqueducts”, *Papers of the British School at Rome* 51, pp. 174-221.
- HODGE, T. A. (2002): *Roman aqueducts and water supply*, Londres.
- JIMÉNEZ, A. (1973): “Los acueductos de *Baelo Claudia* (Bolonia, Cádiz)”, *Habis* IV, pp. 273-293.
- JOYANES PÉREZ, M. (1987): “Prospección arqueológica con sondeos estratigráficos en el tramo IV del

- acueducto romano de Almuñécar (Granada)", *Anuario Arqueológico de Andalucía* 1986, II, pp. 232-235.
- KEAY, S. (1998): "The development of towns in Early Roman Baetica", *The archeology of Early Roman Baetica, Journal of Roman Archaeology* (Keay, S.), Supplementary Series 29, pp. 55-85.
- LEÓN, P. (1990): "Ornamentación escultórica y monumentalización en las ciudades de la Bética", *Stadtbild und Ideologie. Die Monumentalisierung hispanischer Städte zwischen Republik und Kaiserzeit* (Trillmich, W. y Zanker, P.), Munich, pp. 367-380.
- LEWIS, M. (2000): "Theoretical hydraulics, automata, and water clocks", *Handbook of ancient water technology* (Wikander, O., ed.), Leiden, pp. 343-369.
- MARAVELAKI-KALAITZAKI, P., BAKOLAS, A. y MOROPOULOU, A. (2003): "Physico-chemical study of Cretan ancient mortars", *Cement and concrete Research* 33, pp. 651-661.
- MELCHOR GIL, E. (1993): "Construcciones cívicas y evergetismo en Hispania romana", *Espacio, Tiempo y Forma, Serie II, H. Antigua* 6, pp. 443-466.
- MOLINA FAJARDO, F. (1983): "Escultura", *Almuñécar. Arqueología e Historia*.
- MOLINA FAJARDO, F. (2000): *Almuñécar Romana*, Granada.
- MOLINA FAJARDO, F. y BANNOUR, A. (2000): "Almuñécar a la luz de los nuevos hallazgos fenicios", *Actas del IV Congreso Internacional de Estudios fenicios y púnicos*, Vol. IV, Cádiz, pp. 1645-1663.
- MOLINA FAJARDO, F. y HUERTAS JIMÉNEZ, C. (1985): *Almuñécar en la antigüedad. La necrópolis fenicio/púnica de Puente de Noy II*. Granada.
- MOLINA FAJARDO, F., HUERTAS JIMÉNEZ, C. y LÓPEZ CASTRO, J. L. (1984): "Hallazgos púnicos en El Majuelo", *Almuñécar. Arqueología e Historia II*, pp. 275-289.
- MOLINA FAJARDO, F., JUNQUERA GARCÍA, J., PÉREZ PITA, E. y GÓMEZ TORRES, J. (1984): "Arquitectura romana", *Almuñécar. Arqueología e Historia II*, pp. 237-277.
- MOLINA FAJARDO, F., RUIZ FERNÁNDEZ, A. y HUERTAS JIMÉNEZ, C. (1982): *Almuñécar en la Antigüedad. La necrópolis fenicio-púnica de Puente de Noy*. Granada.
- PASTOR MUÑOZ, M. (1983): "Fuentes antiguas sobre Almuñécar (*Sexi Firmum Iulium*)", *Almuñécar. Arqueología e Historia*, pp. 205-235.
- PASTOR MUÑOZ, M. (2000): "Fuentes antiguas sobre Almuñécar", *Almuñécar Romana* (Molina Fajardo, F.), Granada, pp. 13-29.
- PELEG, Y. (1999): "Colliviaria at Cesarea", *Caesarea Papers 2. Journal of Roman Archaeology. Supplementary Series* 35, pp. 361-367.
- PELLICER CATALÁN, M. (1962): *Excavaciones en la necrópolis púnica "Laurita" del Cerro de San Cristóbal (Almuñécar, Granada)*, Excavaciones Arqueológicas en España 17. Madrid.
- PELLICER CATALÁN, M. (2007): *La necrópolis Laurita (Almuñécar, Granada) en el contexto de la colonización fenicia*, Cuadernos de Arqueología Mediterránea 15.
- PUERTA TORRALBO, D. y BURGOS JUÁREZ, A., (e.p.): "Informe de intervención arqueológica preventiva en el solar situado en la Calle Morería Alta n.º 37 de Almuñécar (Granada)", *Anuario Arqueológico de Andalucía 2010*.
- PUERTA TORRALBO, D., CABRERA JIMÉNEZ, E., ARROYO PÉREZ, E. y BURGOS JUÁREZ, A., (e.p.): "Intervención arqueológica de urgencia en Promoción Residencial Vista Verde en el barrio de Torrecuevas de Almuñécar (Granada)", *Anuario Arqueológico de Andalucía 2008*.
- RUIZ FERNANDEZ, A. (1990): *Urbanismo Antiguo de Almuñécar*, Tesis doctoral inédita.
- SÁNCHEZ LÓPEZ, E. (2011): *Aqua Sexitana. La relación del acueducto de Almuñécar con Sexi Firmum Iulium y su territorio*. Tesis doctoral inédita.
- SÁNCHEZ LÓPEZ, E., MORENO PÉREZ, S. (2012): "El acueducto de Almuñécar. Revisión de su trazado y contextualización", *Pyrenae* 43, vol. 1.
- SÁNCHEZ LÓPEZ, E., PÉREZ MARRERO, J., ORFILA PONS, M. y BESTUÉ CARDIEL, I. (2009): "Nuevas consideraciones sobre el acueducto romano de Almuñécar", *Actas del Sexto Congreso Nacional Historia de la construcción*, Valencia, pp. 1297-1306.
- SÁNCHEZ LÓPEZ, E., PÉREZ MARRERO, J., ORFILA PONS, M. y BESTUÉ CARDIEL, I. (2010): "El *municipium sexi firmum iulium* y el agua. El acueducto y la producción de salazones", *Aquam perducendam curavit. Captación, uso y administración del agua en las ciudades de la Bética y el Occidente romano* (Lagóstena Barrios, L. G., Cañizar Palacios, J. L. y Pons Pujol, L., eds.), Cádiz, pp. 197-215.
- SANZ DE GALDEANO, C. (1990): "Geologic evolution of the Betic Cordillera in the Western Mediter-

- ranean, Miocen to the present”, *Tectonophysics* 172, pp. 107-119.
- SILLIÈRES, P. (1997): *Baelo Claudia. Una ciudad romana de la Bética*, Madrid.
- STEMMER, K. (1978): *Untersuchungen zur typologie, chronologie und ikonographie der panzerstatuen*, Berlín.
- TORRECILLAS LOZANO, C., SÁNCHEZ DÍAZ, F. J., PÁEZ JIMÉNEZ, R. y PÉREZ PEÑA, A. (2005): “Estado actual de la Red Andaluza de Posicionamiento”, *XVII Congreso de Ingeniería Gráfica*.
- TOVAR SABIO, A. y CAMERO UCLÉS, T. (1986): *Conducción romana de Sexi*. Madrid. Inédito.
- VENTURA VILLANUEVA, A. (1993): *El abastecimiento de agua a la Córdoba Romana. I El acueducto de Valdepuentes*, Córdoba.
- WULFF ALONSO, F. (2001): “Sociedades, economías, culturas”, *Citerior y Ulterior. Las provincias romanas de Hispania en la era republicana* (Roldán Hervás, J. M. y Wulff Alonso, F.), Madrid, pp. 347-614
- YÁÑEZ JERÓNIMO, J. D., GONZÁLEZ ALMENDROS, P. y BUSTOS PRETEL, A. (1994): *Nuestra Señora la Virgen del Agua. “Jete”*, Granada.



Lám. I.—Restos de canal descubiertos en el paraje del Peñón Rodado.



Lám. II.—*Venter* del sifón de Almuñécar.