

# Nueva metodología para el estudio del trazado del primer tramo del acueducto romano de Tempul Desde la captación hasta la Garganta del Valle

Jenny Pérez Marrero  
Emilio Molero Melgarejo  
Isabel Bestué Cardiel

El presente artículo es un avance del estudio del trazado del acueducto romano de Tempul, que está siendo desarrollado como parte de la tesis doctoral de Doña Jenny Pérez Marrero, bajo la dirección de los profesores Don Rafael Lucas y Doña Isabel Bestué Cardiel, cuyo objetivo es el estudio global de la conducción.

El acueducto romano de Cádiz está considerado como una de las obras de abastecimiento de agua de la antigüedad de mayor longitud en *Hispania*, con unos 75 Km de trazado (Fernández 1983) casi en su totalidad subterráneo. Su recorrido ha sido y sigue siendo motivo de constantes estudios, pues actualmente sólo se conocen escasos restos arqueológicos del mismo.

Con el presente trabajo se propone una nueva metodología para el estudio del trazado en un primer tramo de 14 km que va desde el manantial de Tempul hasta el inicio de la mina de Puerto de la Cruz, antes de salvar la Garganta de San José del Valle.

La metodología propuesta consiste en: primero, el desarrollo de una nueva hipótesis de recorrido fundamentada en la localización espacial de la planimetría del acueducto del siglo XVIII (Garcini *et al.* 1784) haciendo uso de un Sistema de Información Geográfica SIG y de un nuevo modelo digital de elevaciones del terreno. Segundo, el montaje y seguimiento de un protocolo a seguir en los reconocimientos de restos arqueológicos en campo que verifique la hipótesis antes planteada y que es producto de las dos primeras experiencias de inspección visual *in situ*.

Las inspecciones visuales *in situ* efectuadas en el marco del presente trabajo se han llevado a cabo en

la zona de los Cuquillos y en el paso del arroyo del Infierno. El hallazgo restos materiales inéditos de la canalización en campo demuestra la eficacia del procedimiento propuesto.

## PRIMERAS REFERENCIAS DEL TRAZADO DEL ACUEDUCTO ROMANO

Las primeras referencias de los sitios por donde discurrió la canalización romana las encontramos en las fuentes hispano-musulmanas de entre los siglos XII y XVII. Se trata de breves descripciones de la conducción en donde citan algunos puntos de paso, en medio de narraciones legendarias que exaltan lo grandioso de la obra.

Del primer tramo de trazado, objeto de estudio del presente trabajo, es en el siglo XII cuando el geógrafo hispano musulmán al-Zuhri suministra los primeros datos. Cita el lugar de captación: «...trajo el agua desde la sierra de Takuruma (6) hasta Cádiz ...» (Martínez 1974, 48).

La segunda referencia es del geógrafo oriental Yaqut de los siglos XII y XIII, quien aporta un nuevo testimonio de puntos de paso de la canalización: «...En la fiRegión de los Idolosfi (*Iqlim al-asnam*), del distrito de Sidonia, hay un castillo que se conoce por el nombre de Tubayl (?), y en cuya parte inferior existe abundante agua dulce. De ella llevaron los antiguos el agua hasta la isla de Cádiz...» (Martínez 1974, 50).

Le siguen las descripciones de Al-Qazwîni y la de Ibn Sa'îd, del siglo XIII. De la primera referencia se pueden extraer algunas noticias de los tipos de canales y de los lugares empleados en cada caso (Martínez 1974, 51). En la segunda, obra de Ibn Sa'îd, se menciona brevemente la conducción sin dar datos precisos de puntos de paso, sólo se hace una breve referencia a un puente en la parte final del recorrido (Martínez 1974,52; Toledo 1988, 138).

Tres siglos más tarde es al-Maqqarî quien proporciona otro topónimo asociado a la captación: «Entre ellos también se incluyen los que fabricaron los antiguos para traer el agua por el océano hasta la isla de Cádiz, desde la fuente que hay en la Región de los Idolos» (Martínez 1974, 49).

En resumen, podemos establecer que todas las referencias hechas en la bibliografía hispano-musulmana sobre el acueducto romano de Tempul exaltan lo grandioso de la obra con escasa información de su trazado, pues sólo se suministran los nombres de puntos de paso singulares, que para el primer tramo está constituido por las continuas alusiones a la fuente de captación: la sierra de Takuruma, Región de los Idolos, castillo de Tubayl y Tempul.

#### UNA PROPUESTA DE REHABILITACIÓN, PAÑO DE PINTURA DE AMBROSIO MARIANO

El acueducto romano de Tempul fue objeto de dos reconocimientos con miras a su rehabilitación, el primero en el siglo XVI ordenado por el Ayuntamiento de Jerez de la Frontera y realizado por el fray Ambrosio Mariano y el segundo en el siglo XVIII encargado por el Conde O'Reilly gobernador de Cádiz.

La escasez de agua que vivía Jerez de la Frontera en el siglo XVI hace que las autoridades de la ciudad le encarguen al fraile Ambrosio Mariano o Mariano Azaro un proyecto de traída de agua desde el manantial de Tempul. El proyecto redactado y entregado por el fraile contenía dos documentos: un informe técnico con fecha 20 de agosto de 1576 y un paño de pintura en el que se «pintó la distancia e sitio por donde han de venir las aguas» (Sancho 1964, 32-33). La propuesta no llegó a materializarse por los escasos recursos económicos del Ayuntamiento. Se desconoce la ubicación actual de estos documentos, teniendo constancia de su existencia por las actas capitulares del Archivo Municipal de Jerez de la

Frontera (AMJF, AC, 1576, 646-655).

Al no contar con los documentos originales no podemos evaluar el alcance de este reconocimiento y su nivel de detalle, no obstante, la constante mención que de él se hace en las obras impresas del siglo XVI de la Historia de Cádiz (Horozco 1845; Morgado 2000; Jerónimo de la Concepción 1690, Tomo I, 132; Suárez 1610, 123-124) nos llevan a plantear la posibilidad que este reconocimiento conformara la primera hipótesis de trazado total ó parcial del acueducto romano de Tempul.<sup>1</sup>

#### El trazado según los historiadores del siglo XVI y XVII

En 1578 Florián Ocampo publica un par de datos asociados al trazado de la conducción romana de *Gades*, reitera el origen de la canalización en Tempul y su paso el Puente Suazo (Ocampo 1578).

En las dos obras de Agustín de Horozco (Horozco 1845; Horozco 1929; Morgado 2000) se aportan nuevos datos de interés para el estudio del trazado, del primer tramo establece la distancia entre la captación en Tempul y Cádiz «desde donde se conducía el agua una distancia de 12 leguas» (Morgado 2000, 195) ó «Es Tempul en las sierras de Ronda que se llaman de Jerez (cuyo término es), distante de Cádiz por más de trece leguas de camino peñososo... viniendo el acueducto encañado de tres maneras» (Morgado 2000, 34).

En 1610 Suárez de Salazar suministra otro testimonio sobre la localización de la captación «...porque sale de una ladera, y falda de tierra alta, que llaman de las Cabras...» (Suárez 1610, 126). Además hace referencia a puntos de paso aguas debajo de la Garganta del Valle, como lo son Los Arquillos ó Mesa de lo Bolaños.

Cierra este grupo de trabajos el de el fraile Jerónimo de la Concepción de 1690, quien detalla en su obra *Emporio de la Orbe* el trazado de la conducción, con las mismas señas facilitadas por Suárez de Salazar años antes (Jerónimo 1690, 131-132).

#### INFORME O'REILLY

En el siglo XVIII debido a la situación de escasez de agua que presentaba la ciudad de Cádiz, se encomen-

daron una serie de trabajos de reconocimiento del acueducto romano con miras a su rehabilitación. Para la fecha ejercía el cargo de gobernador militar y político de Cádiz el Conde O'Reilly, quien encarga la tarea a una serie de ingenieros militares entre los que destacan Don Vicente de Rueda y Don Antonio Hurtado y a los arquitectos Don Ignacio Garcini y Scipion Perossini;<sup>2</sup> el resultado de estos trabajos fue una serie de documentos, en donde se describen los sitios por donde discurre el trazado del acueducto, así como los cálculos necesarios para su rehabilitación. Hasta la fecha de hoy conocemos la existencia de una serie de manuscritos (Garcini *et al.* 1784; Rueda 1785a; Rueda 1785b; Rueda 1786) además de un tratado impreso (Perossini *et al.* 1786). El presente trabajo se fundamenta en gran parte en el estudio pormenorizado de la información suministrada de dos de las referencias antes citadas (Garcini *et al.* 1784; Rueda 1785b).

El manuscrito de 1784 (Garcini *et al.* 1784) contiene dos informes: el primero elaborado por Ignacio Garcini en 1782 y el segundo desarrollado por Antonio Hurtado y Vicente de Rueda en 1784. De estos dos informes destaca para el estudio del trazado del acueducto el de Antonino Hurtado y Vicente de Rueda ya que suministra una planimetría exhaustiva de los primeros 14 Km de la conducción aproximadamente. La empresa contó con al menos 30 personas quienes iban abriendo catas cada cierta distancia para descubrir la canalización, en su mayor parte subterránea, y tomar todos los datos asociados al tipo de estructura descubierta. El resultado de este reconocimiento fue la confección de tres planos con el trazado desde Tempul hasta el inicio de la mina del Puerto de La Cruz, a partir de las 130 catas efectuadas. Para cada punto reconocido se realizaba el dibujo de su sección transversal a escala, acompañado de un texto que complementaba la información, con detalles como el tipo de fábrica, el estado en que se encontraba cada elemento inspeccionado ó la profundidad del elemento localizado desde la superficie. En general, el conjunto de planos presenta una gran riqueza estética y de detalles, mereciendo una mención especial: la toponimia, las referencias a caminos, las fuentes de agua, las ermitas, la red hidrográfica ó antiguos cortijos.

El segundo informe a destacar es el de Vicente de Rueda (Rueda 1785b) por el aporte de datos para la presente investigación.<sup>3</sup> En éste se hace una descrip-

ción del trazado, también parcial, desde la captación hasta la era del cortijo de los Isletes Altos de San Luis, unos 30 km de recorrido aproximadamente. En esta oportunidad, el ingeniero militar aborda el reconocimiento de la conducción como un proyecto de rehabilitación que reutiliza el mismo trazado original en casi todo el trayecto. Este informe debió estar acompañado en origen de una planimetría a la que constantemente hace mención, lamentablemente no se ha podido localizar su paradero hasta la fecha de redacción del presente artículo.<sup>4</sup> Al igual que en el informe anterior suministra una importante cantidad de topónimos y datos de todas las estructuras reconocidas destacando la nivelación realizada del *specus* realizada a lo largo de todo el recorrido descubierto.

#### UN NUEVO ACUEDUCTO PARA JEREZ DE LA FRONTERA, EL PROYECTO DE ÁNGEL MAYO

A mediados del siglo XIX en la ciudad de Jerez de la Frontera el ingeniero Don Ángel Mayo inició la elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua para dicha ciudad, retomándose el estudio de los manantiales de Tempul.

En cuanto a las referencias que hace el proyecto de Mayo (Mayo 1877) del acueducto romano cita que para la fecha se conservaban algunos restos, que permitían marcar con precisión la zona que recorría.

Del trazado aporta los nombres de los sitios en los cuales se encontraron vestigios, entre los cuales destaca: el cerro de los Cuquillos, la Garganta del Bogaz, la sierra de Dos Hermanas, el arroyo de la Fuente de Imbro, las tierras de la Peruela, el cortijo del Algarrobillo, el cortijo de los Isletes, cortijo de los Arquillos, cortijo de Guerra, pinares de Chiclana y el Puente Suazo (Mayo 1877).

#### HIPÓTESIS DE TRAZADO DEL ACUEDUCTO ROMANO

En el siglo XX comienzan a publicarse una serie de trabajos sobre el acueducto romano de Tempul en donde se hace referencia a su trazado. Estos trabajos aportan diferentes tipos de información que se presenta bien como simples alusiones a posibles puntos de paso, hallazgos de restos arqueológicos puntuales ó estudios más profundos que pueden ir acompañados de su correspondiente planimetría.

Debido a la variedad de documentos expuesta en el párrafo anterior, en el presente artículo hemos clasificado la información en dos grupos. En el primer grupo incluimos todas las investigaciones que aportan un listado de topónimos que permiten hacer un seguimiento aproximado de los puntos de paso de la canalización, pero que no cuentan con planimetría asociada que permita su localización exacta. Dentro de este conjunto también hemos incluido a los hallazgos puntuales de restos arqueológicos de la conducción, información que en algunos va acompañada de la localización geográfica aproximada plasmada sobre una planimetría reciente ó de su ubicación exacta a través del empleo de las coordenadas UTM.

El segundo grupo de documentos son más completos desde el punto del estudio del trazado, pues cuentan con una planimetría asociada. Se reflejan para cada caso, los diferentes lugares por donde pudo ocurrir la conducción. En todos la mayoría de los casos, estas hipótesis de trazado se fundamentan en el estudio de la toponimia aportada por los informes de rehabilitación del siglo XVIII (Garcini *et al.* 1784; Rueda 1785a; Rueda 1785b; Rueda 1786; Perosini *et al.* 1786) a los cuales se les ha aplicado diferentes metodologías para la obtención de la posibles recorridos que van desde trazados mínimos hasta análisis más elaborados que tienen en cuenta datos como la pendiente, las modificaciones del terreno, áreas de proximidad, entre otros.

### **Investigaciones sin planimetría asociada**

Dentro del primer grupo de documentos destaca el trabajo de Fierro (Fierro 1989, 19-24) quien aporta nuevos datos sobre el trazado del acueducto, basándose no solamente en los topónimos citados en los informes del siglo XVIII, sino diversas referencias bibliográficas y que cierra con un breve informe sobre el estado de los restos arqueológicos para el momento.

Le sigue la descripción de los restos arqueológicos hallados de forma casual en 1989 en dos puntos diferentes del acueducto (Muñoz 1991, 98-104); de interés para el presente trabajo son los restos arqueológicos reconocidos en la ladera trasera de Tempul, un tramo de galería abovedada de unos 100 m de longitud de la cual suministra su localización aproximada en un plano adjunto a la publicación.

En el 2007 se desarrolla un trabajo titulado *Las Obras de Ingeniería Hidráulica de Época Romana en la Provincia de Cádiz* (Lagóstena y Zuleta 2007), un proyecto financiado por el Ministerio de Fomento CEHOPU-CEDEX que incluye un apartado correspondiente al análisis de su trazado del acueducto romano de *Gades*. En éste se suministran múltiples datos que se fundamentan principalmente en la revisión del material documental del siglo XVIII. Se incluye la localización geográfica, en coordenadas UTM, de cinco puntos con restos arqueológicos conocidos del acueducto (Lagóstena y Zuleta 2007).

En el 2008 se publica la localización geográfica de diez puntos con restos arqueológicos de la conducción, algunos de ellos inéditos y que fueron ubicados por el equipo técnico de Aguas de Jerez<sup>5</sup> (Pérez y Bestué 2008, 244).

### **Hipótesis de trazado plasmadas en la cartografía**

Abre el segundo grupo de trabajos el publicado en 1993 como parte de la obra *Agua, Ciudad y Territorio* (Barragán 2003). En este trabajo se hace un resumen del estado del conocimiento de la conducción acompañado de un análisis de la información obtenida de las fuentes. Se realiza un listado de la toponimia, se contabilizan las minas del primer tramo. Se anexa un plano con una hipótesis de trazado, en el que básicamente se unen mediante líneas rectas los diferentes puntos con restos arqueológicos conocidos de la conducción sobre un mapa de la cartografía del momento.

También en 1993 se publica la tesis doctoral de Lourdes Roldán que incluye un apartado al estudio del acueducto romano de *Gades* (Roldán 1993). Aunque la investigación tenía por objetivo el estudio de las técnicas constructivas, en el caso del acueducto se confeccionó una hipótesis de trazado a partir del reconocimiento de los restos arqueológicos en campo. Los tramos reconocidos fueron: Tempul, Giletes-Cortijo de las Piletas, que a su vez divide en: Giletes, Arquillos, arroyo del Salado de Paterna, restos dispersos y cortijo de las Piletas. En este caso la hipótesis de trazado se presenta como un recorrido aproximado, dibujada con una línea punteada que se adapta y enlaza los puntos con restos arqueológicos reconocidos.

En 1997 se publica un análisis del trazado del acueducto haciendo uso por primera vez de un Siste-

ma de Información Geográfica (Baena *et al.* 1997). Se parte de un trazado mínimo que contiene la localización de 30 puntos con restos arqueológicos identificados del trabajo de campo de Roldán (Roldán 1993) al que le imponen una serie de condiciones de diversos tipos, entre ellas: área de proximidad, las pendientes, la economía de esfuerzos, entre otros, generando a través del SIG una nueva hipótesis de trazado.

En el 2009 se publica una nueva revisión de la situación del conocimiento del acueducto romano (Lagóstena y Zuleta 2009). Este documento aporta nuevos datos para el conocimiento del trazado del acueducto como lo son, entre otros, la localización geográfica de cuatro puntos con posibles restos arqueológicos parte del sifón de la Garganta de Bogas (Lagóstena y Zuleta 2009, 158-159), de la Galería de Fuente Ymbro (Lagóstena y Zuleta 2009, 149) y de los dos pozos o registros) localizados por el equipo técnico de AJEMSA (Lagóstena y Zuleta 2009, 153); además se precisa la ubicación de dos de los torreones que formaron parte del sifón de los Arquillos a partir de sus coordenadas UTM. Se incluye un plano con una hipótesis parcial del acueducto del tramo aguas debajo de la Garganta del Valle, tramo los Arquillos-Cerro del Candol (Lagóstena y Zuleta 2009, 166).

En el 2009 se elabora un análisis espacial de un tramo del acueducto comprendido desde el manantial de Tempul hasta la galería de descubierta en la finca Fuente Ymbro, cuyo objetivo era la definición de una nueva hipótesis de trazado. Al igual que el trabajo desarrollado por Baena en 1997 (Baena *et al.* 1997) parte de un trazado mínimo al que le son impuestas una serie de condiciones de pendiente y de mínimo coste a través de una de las herramientas del software de análisis espacial SIG. El resultado es la obtención de una serie de áreas o zonas con diferentes probabilidades de paso de la conducción que dan respuesta a los datos impuestos al modelo. Este estudio es pionero en tener en cuenta las transformaciones del terreno del último siglo a partir del estudio de la cartografía antigua y de la elaboración de un modelo digital que recoge dichas modificaciones.

En conclusión, podemos decir que las hipótesis de trazado del acueducto romano desarrolladas con anterioridad al presente trabajo se han fundamentado principalmente en el estudio de la toponimia de los puntos de paso obtenida de los informes de reconoci-

miento del siglo XVIII y de la ubicación en la planimetría moderna de los puntos con restos arqueológicos conocidos en época moderna. A partir de allí, se han aplicado diversas herramientas que incluyen el empleo los Sistemas de Información Geográfica para el registro y análisis de la información para la obtención de nuevas alternativas de paso de la canalización. Las hipótesis generadas de estos trabajos en ningún caso han sido contrastadas con campañas de prospección en campo.

#### **NUEVA HIPÓTESIS DE TRAZADO, METODOLOGÍA PROPUESTA**

El presente trabajo plantea el desarrollo de una nueva hipótesis de trazado que se fundamenta principalmente en la información contenida en los tres planos de planta del siglo XVIII (Garcini *et al.* 1784). Básicamente lo que se propone es la localización espacial —georreferenciación del conjunto de planos antiguos con una metodología específicamente diseñada para este caso, que permitirá obtener para el tramo Tempul— La Peruela, un nuevo recorrido reflejado sobre en la cartografía moderna a través de coordenadas geográficas que facilitará su posterior verificación en campo.

El procedimiento de georreferenciar un plano se puede abordar de diferentes formas, que dependerán del tipo de plano y de los puntos de referencia disponibles. Una forma muy sencilla consiste asignarles coordenadas geográficas a una serie de puntos conocidos e identificados de manera exacta dentro del plano antiguo. Este procedimiento se puede realizar a través de un Sistema de Información Geográfica de una manera casi inmediata, siempre y cuando se cuente con un número suficiente de puntos de referencia, de por lo menos ocho. Lo que resulta es un plano adaptado a las condiciones impuestas de localización espacial que puede generar pequeñas distorsiones en el original.

En este trabajo se pretende localizar espacialmente tres planos con el trazado (Garcini *et al.* 1784) que fueron realizados por ingenieros militares del siglo XVIII a escala y empleando como unidad de medición la vara castellana. En ellos, se dibuja el trazado con una polilínea que enlaza la serie de 130 puntos que corresponden a las catas de reconocimiento. En cada tramo diferencian si se trata una mina o túnel,

de un canal subterráneo, de un puente ó de un pozo de registro. Los planos cuentan con dos fuentes de información complementaria: por un lado la leyenda y por otro un informe anexo en donde se exponen detalles sobre cada una de las estructuras reconocidas en las 130 catas y que incluyen datos como la distancia entre cada punto, la profundidad del resto reconocido, la técnica constructiva empleada, los materiales utilizados y su estado de conservación.

Otro punto que resalta del conjunto de planos es la riqueza de toponimia y de citas a la red hidrográfica, que en algunos casos pueden utilizarse como referencias externas puntuales localizables para el proceso georreferenciación.

Una vez digitalizadas las imágenes originales se paso a realizar el procedimiento descrito en los párrafos anteriores haciendo uso del SIG y de los puntos de referencias conocidos para cada plano<sup>6</sup>. Se utilizó un sistema de información geográfica SIG para el proceso de georreferenciación, pero el resultado no fue favorable pues se generaron una serie de distorsiones en el plano original que repercutían directamente sobre el trazado. La distorsión resultante pudo ser originada, entre otras causas, porque los puntos establecidos como referencias externas localizables no se corresponden con la realidad ó que no fueron dibujados de forma precisa en la planimetría original.

En cualquier caso, el resultado no fue el esperado y es entonces cuando se procede a plantear una metodología específica que permitiera plasmar el trazado del acueducto de los planos de XVIII en la cartografía moderna de forma manual. La metodología propuesta se ha estructurado de la siguiente manera:

### **Localización de la cartografía base y generación de un Modelo Digital de Elevaciones**

Una vez establecido el ámbito de estudio se localiza la cartografía base de trabajo para ser manejada a través del SIG, esta información incluye: mapas topográficos escala 1:10000, fotografías aéreas recientes e históricas y cartografía antigua del Instituto de Cartografía de Andalucía.

Por otro lado se trabaja en la generación de un nuevo modelo digital de elevaciones del ámbito señalado, a partir de la información altimétrica del Instituto Geográfico Nacional, Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de 5 m de resolución, que

posibilite la generación de curvas de nivel cada metro, necesarias para los siguientes pasos de la presente metodología, con una precisión aceptable.

### **Establecimiento del punto de partida, la captación**

Se localiza el manantial de Tempul en la cartografía base del SIG y se asocia a su homologo correspondiente en la planimetría antigua, punto «a» del plano 1º del XVIII (Garcini *et al.* 1784). Se posiciona espacialmente el punto de origen «a» en la cartografía moderna y se almacena en un tema de puntos del SIG que contendrá los puntos con catas localizables. Se establecen las coordenadas de «a» y se determina su cota a nivel de superficie a través del empleo de las curvas de nivel generadas previamente.

### **Localización de catas de reconocimiento**

Una vez establecido el punto de origen se pasa a localizar el siguiente punto o cata de reconocimiento de forma manual, se tiene en cuenta la distancia al punto previo y el rumbo dibujado en la planimetría antigua.

### **Verificación de la localización, pautas de control**

Localizado el punto ó cata en la cartografía moderna se procede a verificar si es correcta su ubicación en el plano, haciendo uso de otras fuentes de información: el informe anexo a la planimetría y uno de los manuscritos del siglo XVIII (Rueda 1785b). Se realizan tres comprobaciones:

1. Distancia entre catas de reconocimiento: se revisa que exista correspondencia entre la distancia entre catas reportada directamente en el conjunto de planos medida a través de su escala gráfica anexa con respecto a la reportada en el informe anexo.

Se ha comprobado que existe poco margen de error entre la medida que reporta el material gráfico con respecto al manuscrito, que aumenta en el caso de que las distancias sean pequeñas. No obstante, hay casos puntuales en los que las diferencias reportadas son más impor-

tantes y es aquí donde se debe evaluar de forma particular cual de los dos datos prevalece.

2. Verificación del rumbo del trazado: en la localización de las catas de reconocimiento en la cartografía actual se parte de la premisa de que los planos del XVIII fueron dibujados con las distancias entre catas y rumbos reales. Para comprobar esta premisa se realiza una segunda verificación haciendo uso de los datos adicionales suministrados en el informe anexo a la planimetría (Garcini *et al.* 1784), del manuscrito de Rueda (Rueda 1785b) y de las curvas de nivel generadas a partir del modelo digital de elevaciones.

El proceso de verificación se inicia con la obtención de la cota del *specus* del punto de partida. Esta cota se obtiene de descontarle a la cota a nivel de superficie del punto de partida, obtenida de la interpolación de las curvas de nivel, la profundidad del resto arqueológico y su propia altura, información que suministra el informe anexo a los planos del XVIII con todo nivel de detalle (Garcini *et al.* 1784). Seguidamente se calcula la cota del *specus* de la cata a localizar, descontándole a la cota del *specus* del punto de partida el descenso del canal, calculado a través de la pendiente media dato que se extrae de manuscrito de Vicente de Rueda de 1785 (Rueda 1785b). Luego obtenemos la cota a nivel de superficie de la cata a localizar, sumándole a la cota del *specus* la profundidad del resto y la altura propia del elemento, información plasmada en el informe anexo a la planimetría del XVIII (Garcini *et al.* 1784). El procedimiento termina con la nueva ubicación de la cata que se hace teniendo en cuenta dos condiciones: la distancia entre el punto de partida —la cata a localizar y la cota a nivel de superficie del resto a localizar. Este último punto del procedimiento se realiza intersecando una circunferencia con centro en el punto de partida y de radio distancia entre el punto de partida –cata a localizar y la curva de nivel correspondiente a la cota a nivel de superficie del resto a localizar, extraída del modelo digital de elevaciones.

Si coincide la localización de la cata se verifica la ubicación y se sigue avanzando a ubicar el siguiente elemento utilizando el mismo procedimiento. Si por el contrario no existe coincidencia, se debe evaluar el caso de forma particular para determinar, si es posible, la causa de disparidad y evaluar cual es la situación correcta.

La verificación también se puede apoyar en las referencias externas señaladas en la planimetría antigua, tales como cortijos antiguos, fuentes y cualquier otro tipo de instalaciones de las cuales se conozca actualmente su ubicación de una forma más o menos precisa.

### Dibujo de la hipótesis de trazado

Una vez ubicadas las 130 catas de reconocimiento en la planimetría se procede al dibujo de la hipótesis uniendo mediante líneas cada uno de los puntos. Dentro de la hipótesis se reflejan el tipo de conducción empleada: galería subterránea, túnel ó mina y si-fones. También se reflejan los hallazgos de restos arqueológicos puntuales, que han sido inspeccionados en el presente trabajo para la obtención de su posición geográfica exacta.

### PRIMERAS COMPROBACIONES EN CAMPO, NUEVOS HALLAZGOS

Una vez configurada la nueva hipótesis de trazado se ha pasado a realizar unas primeras comprobaciones en campo. Con estas primeras incursiones se pretende obtener la experiencia necesaria para confeccionar un protocolo de prospecciones superficiales del terreno en el ámbito del acueducto.

Para esta primera toma de contacto, hemos escogido de forma aleatoria dos zonas diferentes: cerros de los Cuquillos y el arroyo del Infierno. En los dos casos el resultado de la inspección visual fue satisfactorio pues se detectaron restos inéditos de la canalización en diferentes estados de conservación.

### Cerros de los Cuquillos

En este caso, la inspección visual tenía por objeto la localización de un pozo de registro cuadrado inspeccionado en 1784, identificado como la cata número 20 (Garcini *et al.* 1784) y que posiblemente se ubicaba a unos 75 m del pozo número 21 identificado en trabajos precedentes (Pérez y Bestué 2008; Lagóstena y Zuleta 2009, 153).

Para la ubicación del pozo seguimos la siguiente metodología: se revisó toda la información documen-

tal del siglo XVIII que pudiera suministrar datos localizables asociados al registro y se estudió el detalle las características de resto arqueológico para su fácil detección *in situ*.

El pozo número 20 fue descrito en el informe anexo a la planimetría del siglo XVIII como un registro de planta cuadrada que formaba parte de la segunda mina del acueducto, túnel que se iniciaba su recorrido en una cañada próxima (Garcini *et al.* 1784).

Seguidamente se obtuvo la localización aproximada del pozo en coordenadas geográficas UTM a partir de la hipótesis de trazado. Con estos datos nos trasladamos a las montañas de los Cuquillos y con la ayuda de un equipo GPS nos emplazamos en las coordenadas ED50-UTM-30S-259957-4058800.

Una vez en el sitio y de acuerdo a las características del terreno se estableció el programa a seguir para la detección del pozo de registro. El programa consistió en realizar una observación visual del área circundante al punto establecido por las coordenadas antes señaladas. La inspección visual perseguía la detección de indicios a nivel de superficie que nos acercaran al trazado.

La existencia de una irregularidad en el terreno cubierto con piedras, en una zona de pendiente nula y de tierra compacta, en un sitio adjunto a un descampado donde no crece la vegetación (posible signo de un antiguo asentamiento en época de construcción



Figura 1  
Fotografía del pozo de registro hallado en el cerro de los Cuquillos

del acueducto o de su reconocimiento posterior en el siglo XVIII) nos hizo realizar un desbroce mínimo en los alrededores y a levantar un par de piedras sueltas que ocultaban la entrada al registro.

Una vez identificado el punto se procedió al registro de todas las dimensiones que fueron posibles de comprobar, específicamente se midió su planta y se registró su profundidad con ayuda de un medidor láser unos 4,40 m, no obstante, hay que señalar que el fondo se observa que está parcialmente lleno de tierra, pero no lo suficiente como para sellar el paso hacia la galería. En las paredes del pozo pudimos observar la misma disposición de mechinales que en los pozos adjuntos números 21 y 22 respectivamente (Lagóstena y Zuleta 2009, 153-155). También se rectificó su localización geográfica coordenadas ED50-UTM-30S-259946-4058807.



Figura 2  
Fotografía del interior del pozo de registro hallado en el cerro de los Cuquillos

### Arroyo del Infierno

El mismo procedimiento de comprobación de la hipótesis se siguió en el paso de la conducción por el arroyo del Infierno, se introdujeron en el GPS las coordenadas del posible punto obtenidas de la hipótesis de trazado y se inspeccionó la zona adjunta en un radio de 30 m aproximadamente. En este caso, los restos arqueológicos de la canalización se pueden observar en la ladera oeste del arroyo, lado Cádiz, en una zona de terreno inestable y que a causa de un de-





Figura 3  
Fotografía canal localizado en el paso del arroyo del infierno

rrumbre ha seccionado la galería quedando al descubierto su sección con restos de concreciones calcáreas adheridas a lo que queda de las paredes o pies derechos. Se registró su localización geográfica a través del GPS ED50-UTM-30S-254383-4058301.

#### AJUSTE DE LA HIPÓTESIS DE TRAZADO, UN CAMPO ABIERTO AL ESTUDIO

Una vez comprobada la localización de tantos restos arqueológicos del acueducto en campo como sea posible se debe volver a trabajo de gabinete y aplicar nuevamente el procedimiento de obtención de la hipótesis antes descrito, esta vez teniendo en cuenta la



Figura 4  
Procedimiento de ajuste de la hipótesis de trazado, tramo Tempul - arroyo del Bollo

nueva información que resultará, cada vez más, en una hipótesis más ajustada a la realidad. Este procedimiento se encuentra actualmente en fase de desarrollo y a continuación mostramos un avance que como se ha ido ajustando el recorrido a medida que avanzan los trabajos de prospección, específicamente en el tramo Tempul - arroyo del Bollo.

#### CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha expuesto la metodología para la confección de una nueva hipótesis de trazado del acueducto romano de Tempul, primer tramo de 14 Km de longitud. Se basa principalmente en la localización espacial de la planimetría de siglo XVIII en la cartografía actual haciendo unos de diferentes herramientas, entre ellas el empleo de un Sistema de Información Geográfica SIG. Esta nueva hipótesis tiene en cuenta los hallazgos puntuales que se han hecho de la conducción y que puedan ser ubicados geográficamente.

Posteriormente se ha realizado una primera comprobación de la nueva hipótesis con dos incursiones al campo: zona de los Cuquillos y paso del arroyo del infierno. El trabajo de campo ha permitido el hallazgo de dos nuevas de estructuras inéditas que viene a confirmar la hipótesis de trazado y su corrección en algunos ámbitos. En el caso del Cuquillos se localizó un pozo de registro de planta cuadrada que posiblemente corresponda al número 20 reconocido en el siglo XVIII (Garcini *et al.* 1784) y en el arroyo del infierno se identificó el resto material de un tramo de canal seccionado por un movimiento de tierra.

Uno de los principales valores del presente trabajo no es sólo la localización puntual de restos arqueológicos confirmados del acueducto, sino la confección del protocolo a seguir para las inspecciones en campo con miras a la detección de restos materiales a partir de la experiencia *in situ* de las dos incursiones puntuales efectuadas.

Este protocolo de prospección ó de inspección visual está siendo aplicado para la comprobación de todo el trazado del acueducto como parte de la tesis doctoral de la cual forma parte el presente trabajo con resultados satisfactorios.

## NOTAS

1. Se habla de hipótesis parcial pues el proyecto para el cual se efectuó este reconocimiento fue la traída de aguas a Jerez de la Frontera y no a Cádiz, por lo que se desconoce si el alcance de la inspección del fray Ambrosio Mariano.
2. Ignacio Garcini fue arquitecto de la ciudad de Cádiz y Don Scipion Perossini fue un arquitecto romano contratado y venido de Italia únicamente para el reconocimiento del acueducto.
3. Este documento forma parte de la obra de Scipion Perossini (Perossini *et al.* 1786), específicamente compone el capítulo tercero de su obra.
4. En el siglo XVIII Antonio Ponz hace una breve referencia a los trabajos de reconocimiento efectuados en el siglo XVIII «se limpiaron en la distancia de cuatro leguas algunos depósitos, estaqueando y señalando lo demás hasta el mismo puente zuazo» (Ponz 1947, 638) y de la existencia de los planos que debieron acompañar al proyecto de rehabilitación «Los planos de la obra que había de hacerse... los puede usted ver en el papel que entonces se dio a luz en Cádiz» (Ponz 1947, 638).
5. Queremos agradecer especialmente a Don Juan Manuel González, Don Joaquín Granados y a Don Julio Ruíz por su constatación y valiosa colaboración con todas las investigaciones asociadas al antiguo acueducto romano de Tempul.
6. En el caso del primer plano se utilizaron como puntos de referencia: el manantial de Tempul, los pozos 21 y 22 (Pérez y Bestué 2008; Lagóstena y Zuleta 2009), venter del sifón Garganta de Bogas (Lagóstena y Zuleta 2009) y la fuente del Vicario. Si bien la cantidad de puntos no era la ideal, se planteó como una primera aproximación para poder evaluar el resultado.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Archivo Municipal de Jerez de la Frontera. Actas Capitulares. 1576. Fol. 646 y 655 del 20 de agosto.
- Baena Preysler, J.; Roldán Gómez, L.; C. Blasco Bosqued; J. Bermúdez Sánchez; E. García Ortiz. 1997. «S.I.G. y arqueología Romana. Restitución del trazado del acueducto de Cádiz». En: *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, p. 255-272.
- Barragán Muñoz, Juan. 1993. *Agua, ciudad y territorio. Aproximación geo-histórica al abastecimiento de agua a Cádiz*, Cádiz.
- Fernández Casado, Carlos. 1983. *Ingeniería Hidráulica Romana*. Madrid: Turner.
- Fierro Cubiella, J. 1989. «El Acueducto Romano de Cádiz», En: *Revista de Arqueología*: año X, núm. 95, p. 19-24.
- Fr. Jerónimo de la Concepción 1690, *EMPORIO DE EL ORBE*. Abmsterdan. Edición del 2003 de Arturo Morgado García. Universidad de Cádiz.
- Lagóstena Lázaro y Francisco Zuleta. 2007. «Gades y su acueducto», En: *Las obras romanas de ingeniería hidráulica de época romana en la provincia de Cádiz*, Proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Fomento, CEHOPU, (inédito Biblioteca del CEHOPU).
- Martínez Montávez, Pedro. 1974. *Perfil del Cádiz Hispano Árabe*. Madrid: Ediciones de la Caja de Ahorros de Cádiz.
- Mayo, Angel. 1877, «Memoria relativa a las obras del acueducto de Tempul para el abastecimiento de aguas a Jerez de la Frontera», En: *Anales de Obras Públicas*, Tomo Tercero, Madrid: Imprenta de Aribau.
- Morgado García, A. 2000, *Historia de Cádiz de Agustín de Horozco*. Cádiz: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- Muñoz Vicente, Angel. 1991. «Intervención arqueológica en el acueducto romano de Cádiz: Los sectores de “El Mimbral” (Jerez) y “Tres Caminos” (Puerto Real)», En: *Anuario arqueológico de Andalucía/1989*, III, Sevilla, p. 98-104.
- Ocampo, Florián. 1578. *Los cinco libros primeros de la Crónica General de España*. Tomo I.
- Pérez Jenny e Isabel Bestué. 2008. «Avance del estudio hidráulico del acueducto romano de Cádiz». En: *Actas del IV Congreso de Obras Públicas en la Ciudad Romana*, Lugo-Guitiriz.
- Perossini Scipion; Du Bornial Henri *et al.* 1786. *Relación del estado del antiguo acueducto de Tempul*. Fondo antiguo de la Biblioteca Nacional de España en Madrid / Biblioteca Provincial de Cádiz.
- Ponz, Antonio. [1947] 1988. *Viaje de España*, 4. Tomos XIV-XVIII. Tratado de Cataluña, Aragón, La Mancha y Andalucía. Madrid: Ediciones Aguilar S.A.
- Roldán Gómez, Lourdes. 1993. *Técnicas arquitectónicas en la Bética romana*. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.
- Garcini Ignacio; Rueda, Vicente de; Hurtado Antonio. 1784. *Libro donde se notan las operaciones, trabajos y demás pertenecientes al reconocimiento, descubrimiento, y proyecto de reedificar el acueducto de los romanos que se dirigía desde Tempur a Cádiz, cuyo reconocimiento se hace por orden y disposición del Exmo. Sr. Conde O'Reilly Capitán General de Andalucía y gobernador de dicha plaza*. Manuscrito de la Biblioteca Nacional, MSS 2216.
- Rueda, Vicente de. 1785a. *Cuaderno de superficies y sólidos relativos al acueducto de Tempul, en la plaza de Cá-*

- diz. Manuscrito perteneciente a los fondos del Instituto de Geografía e Historia Militar de Madrid, Núm 3755, Sign. 3-5-5-8, 16 folios y 4 croquis.
- Rueda, Vicente de. 1785b. *Descripción del acueducto romano y sitio de Tempul, en la Plaza de Cádiz, y situación de los nacimientos de sus aguas*. Manuscrito que pertenece a los fondos del Instituto de Geografía e Historia Militar de Madrid, Núm 3752, Sign. 3-5-5-8, 88 folios.
- Rueda, Vicente de. 1786. *Manuscrito de notas puestas al papel discursivo del arquitecto romano Scipion Perosini, sobre la conducción a Cádiz de las aguas de Tempul*. Manuscrito perteneciente a los fondos del Instituto de Geografía e Historia Militar de Madrid, Núm 3753, Sign. 3-5-9-2.
- Sancho de Sopranis, Hipólito. 1964. «Arquitectura Jerezana del siglo XVI», En: *Archivo Hispalense*, Tomo XL 123. Pags. 9-73.
- Suárez de Salazar, J. 1610, *Grandezas y antigüedades de la isla y ciudad de Cádiz*, edición facsímil de 1985 de Ramón Corzo Sánchez. Cádiz: Caja de Ahorros de Cádiz.
- Toledo Jordan, Jose Manuel. 1988. *El Cádiz Andalusí (711-1485)*. Cádiz: Servicio de Publicaciones de la Diputación de Cádiz.
- Zuleta Francisco y Angel Bastos. (en prensa). *Infraestructuras Hidráulicas en Baetica: propuesta para el estudio del trazado de sus acueductos* (En prensa) presentada al V Simposio Internacional de Arqueología de Mérida por el Seminario «Agustín de Horozco» de la Facultad de Filosofía y Letras, UCA.

