

## **EL ACUEDUCTO DE CÓRDOBA**

- **La ciudad**

Córdoba fue conquistada por Roma en el año 152 a.C. y tras diversas vicisitudes en la época de las guerras civiles de finales de la república, fue elevada al rango de capital de la Bética con Augusto, con derecho a acuñar moneda.

Era un importante centro comercial, muy poblado, al estar en la vía Augusta. Su importancia viene atestiguada por su puente, el primero de carácter permanente que atravesaba el Guadalquivir, por entonces navegable hasta allí, remontando su curso desde la desembocadura.

Casi con toda seguridad, en un principio, la ciudad se aprovisionaba de agua a través de pozos. Tal vez, alguno de los que se muestran en la actualidad como de origen árabe, sean en realidad de origen romano. El nivel freático de la ciudad se halla a bastante profundidad en algunos lugares, sin embargo el hecho de estar asentada en un meandro de Guadalquivir, es decir, sobre terreno blando, hace que no resulte especialmente difícil la excavación del terreno.

Sin embargo, dejando a un lado el aprovisionamiento privado que se podía tener de agua, parece evidente, que en algún momento se tuvo que plantear en el municipio el suministro regular de agua para satisfacer la demanda creciente de una población numerosa y en aumento, tanto estante como itinerante. Además, el consumo de agua por parte de edificios públicos como las termas, fuentes, etc. debía ser notable. Además, necesidades como el saneamiento de las cloacas, hacía imprescindible la traída de una fuente continua de agua.

En realidad, Roma construyó dos acueductos, uno que recogía el agua del Arroyo Bejarano, llamado "acueducto de Valdepuentes" por ser esta la zona mas "espectacular" del mismo, en la parte alta de la Sierra, y otro, de algo más abajo, recogiendo las aguas que brotaban del arroyo de Vallehermoso.

No sabemos exactamente cuando dejaron de usarse, aunque sí sabemos que en tiempos del Califato de Córdoba, el acueducto de Valdepuentes fue remozado y puesto otra vez en uso, para abastecer la ciudad nueva de Medinat-al-Zahara, que posiblemente se fundó allí (al margen de otras consideraciones) precisamente, porque por allí pasaba un enorme caudal de agua, procedente del acueducto romano, justamente al pie de la Sierra.

### • **El acueducto. Antecedentes historiográficos**

El acueducto romano de Córdoba ha sido una de las obras de ingeniería romanas más olvidadas por la historiografía. De hecho, ni siquiera aparece mencionada en la obra dedicada a los acueductos de España de D. Carlos Fernández Casado. Es más, durante mucho tiempo, incluso se pensó que era de origen musulmán, por unos arcos califales que aparecen en el término de Valdepuentes, fruto de una reparación islámica. Es escasísima la bibliografía que lo menciona, y la poca que lo hace, como el trabajo de D. Serafín López Cuervo, parten de la base de que es un acueducto califal. (**López Cuervo S.** *Medina Az- Zahra. Ingeniería y formas*).

Hasta el año 1993 en que aparece el meritorio trabajo de D. Ángel Ventura Villanueva, que realiza un completísimo trabajo de descripción y análisis del acueducto.

Debido a esto, será esta publicación la que mencionaré repetidamente, pues prácticamente no hay otra que se le aproxime ni en extensión ni en rigor.

El acueducto de Córdoba, presenta la peculiaridad de que, al contrario de otros muchos a los que tuvieron que hacer frente los romanos, las fuentes están relativamente cerca de la ciudad, sin embargo, a una altura excesiva para conducir sus aguas hasta ella con garantías.

### • **El acueducto de Valdepuentes**

Las fuentes de las que parte, se hallan a una cota absoluta de 405 m, mientras que la ciudad de Córdoba está a unos 100 m de cota absoluta. En el lugar llamado "Arroyo Bejerano" (**Ventura Villanueva A.** *El abastecimiento de agua a la Córdoba romana*), concretamente en una represa que todavía se mantiene en pie, aunque totalmente colmatada.

Poco después de ser canalizada el agua, se entierra el canal. La zona resulta topográficamente irregular.

En el lugar conocido como "arroyo de las viejas", la zanja emerge. El *specus* tiene una anchura de 64 cm (aproximadamente 2 pies) enmarcado por paredes de 45 cm de anchura (aproximadamente 1,5 pies) recubiertas por el interior con una capa de opus signinum. En los ángulos inferiores, presenta la característica moldura de cuarto bocel. Estas características permanecen uniformes en todo el recorrido. El canal, abovedado, está sustentado por un muro de hormigón. El "Arroyo de las viejas", debió sortearlo con un arco, del que ya no queda ningún resto. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

## Acueductos romanos de Hispania

El canal en estos primeros tramos, va teniendo carácter superficial y subterráneo, alternativamente, hasta el lugar llamado "Fuente de la teja".

Es de notar que en algunos lugares, el acueducto parece haber sido enterrado, hasta una profundidad máxima de 10 m a base de cavar una profunda zanja, y posteriormente ser rellenada. Para profundidades mayores, el acueducto era excavado en mina. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

Desde aquí hasta las proximidades de Medinat-al-Zahara, tiene un desarrollo en planta de 1.758 m desde una cota de 370 m hasta otra de 227,8 m (Junto a la caseta del guarda del conjunto arqueológico).

Al principio, desciende suavemente, desde la cota 370 m hasta la 368 m.

Las medidas del canal en este tramo son en todo semejantes a las del principio. Anchura del canal de 64 cm, paredes de 45 cm de espesor, una altura de 93 cm, y todo el conjunto abovedado.

Por las disposiciones de los forjados, se deduce que primero se hormigonaron las paredes, y posteriormente la bóveda. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

Posteriormente, enfila bruscamente la perpendicularidad de la sierra. Para bajar el agua 35 m en tan sólo 400 en planta, hay un desnivel de casi el 33 %. Esta enorme pendiente obligó a hacer una serie de 34 pozos de resalto.

Estos pozos representan una magnífica solución al descenso escarpado de una corriente de agua.

Exteriormente, presentan una sección cuadrada, de 1,70 a 1,90 m de lado. En su interior aparece un pozo circular de 60 a 85 cm de diámetro.

La uniformidad formal de los pozos es notable.

Presentan una profundidad de 10 m, y en ellos desemboca un canal de poca profundidad de agua.

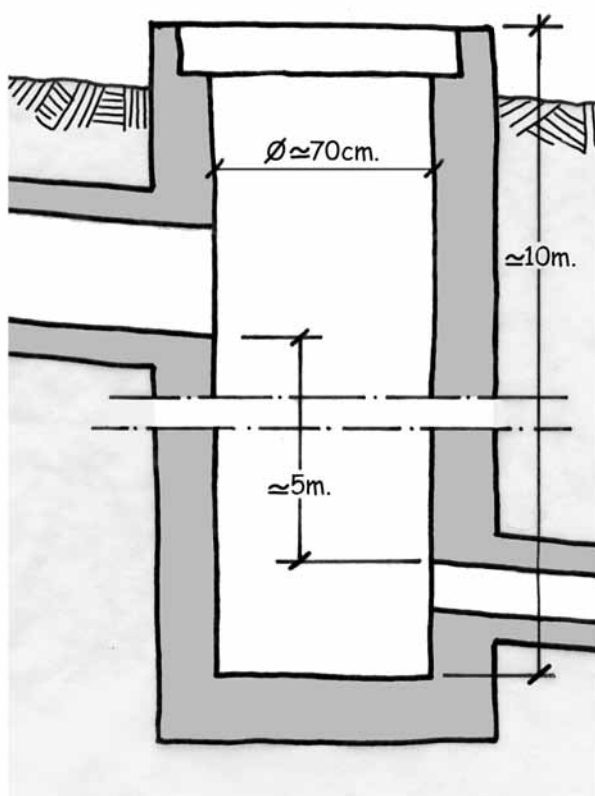
Nunca más de 5 m más abajo sale otra galería, situada enfrente de la anterior. Todo el interior de los mismos está recubierta de *Opus signinum*.

El espacio comprendido entre la galería de salida del agua y el fondo del pozo, estaba permanentemente lleno de agua, lo que servía para amortiguar el impacto del agua al caer, contra las paredes.

La altura total del *specus* en este tramo, es de 1 m permaneciendo igual la anchura.

El hecho de disminuir el calado del canal, hace que se produzca un taponamiento en la salida del agua, por lo que ésta parte de una situación de remanso antes de acceder al pozo siguiente, aunque esto sólo sería en caso de avenidas excepcionales.

Esquema de  
pozo de resalto



En el tramo que están los pozos de resalto, la distancia entre ellos, nunca rebasa los 25 m (*López Cuervo S. Op.Cit.*)

Para cruzar el arroyo de Valdepuentes, el acueducto pasa por un puente de tres ojos (en realidad sólo podemos imaginar el aspecto que tenía primitivamente, pues este tramo fue reformado enteramente en tiempos del Califato, dándoles a los arcos la característica forma de herradura, por lo que durante mucho tiempo, se pensó que la totalidad del acueducto era de época califal). En toda esta zona, próxima a Medinat-al-Zahara, la obra aparece muy modificada por los musulmanes.

Desde el arroyo de S. Jerónimo, próximo a la ciudad califal, el acueducto continúa a bastante profundidad, con pozos de resalto incluidos.

Aquí, justo antes de enterrarse, es donde aparece más claramente el canal, en algunos tramos que emerge, pues se aprecia que en tiempos del califato, la corriente de agua se interrumpía en estas proximidades.

El acueducto en tiempos califales, pues, fue rehabilitado para traer agua a Medinat-al-Zahara, pero no para abastecer la ciudad de Córdoba. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

Más allá, en dirección a Córdoba, sólo podemos seguir el rastro por los pozos de resalto que aún aparecen, o los *spiramira* que regularmente se colocaban a fin de permitir el acceso a una galería subterránea y visitable, como era ésta.

El rastro del acueducto se pierde cerca de una antigua granja agrícola en las proximidades de Córdoba. El trazado posterior, no podemos hacer otra cosa que imaginarlo. La ciudad ha continuado expandiéndose enormemente por esta zona, y además tuvo una ocupación muy intensa, posterior a la romana, durante siglos.

Se supone, por la topografía del terreno, que el acueducto entraría en la ciudad, por un lugar próximo a la medieval torre de la Mal Muerta, que coincide con la parte más elevada de la ciudad romana.

El desnivel total a salvar es de 285 m (desde el *Caput Aquae* hasta donde presumiblemente estaba el *castellum* de la ciudad). De estos 285 m, un total de 169,5 se salvaban en caída vertical por pozos de resalto.

El desnivel resultante de la conducción, sería de 115 m, lo que nos da una pendiente de 0,68%

El acueducto presenta en total, un recorrido en planta de 16.750 m siendo 16.000 de ellos subterráneos

Los motivos parecen estar claros.

Si atendemos a la obra de Frontino, vemos que una de las principales causas de las pérdidas de agua en los acueductos era la sustracción ilegal de agua por parte de particulares. Ni que decir tiene que en un acueducto subterráneo es casi imposible hacer sangrías.

Por otra parte, tampoco parece ser ajena la intención de mantener el agua lo más fresca posible, sobre todo cuando en verano se alcanzan fácilmente temperaturas superiores a los 40 grados.

### • El acueducto de Vallehermoso

El que hemos visto, es el llamado "acueducto de Valdepuentes" o "Bejarano". Sin embargo, Ángel Ventura, constata la existencia de otro acueducto romano más pequeño que enlaza con el principal, de Valdepuentes, algo después de que éste atravesase los terrenos correspondientes a la antigua ciudad de Medinat-al-Zahara.

Este acueducto, que llamamos de Vallehermoso, por ser éste el nombre del lugar donde comienza, tendría el *Caput aquae* aproximadamente en una o varias galerías excavadas con el fin de drenar agua, que aún son utilizadas por la Empresa Municipal de aguas de Córdoba, para abastecer al matadero municipal. En las proximidades se han hallado restos de construcciones de *opus caementicium*. La cota absoluta de esta toma, ronda los 320 m.

Los restos actuales, debido a la explotación agrícola y ganadera que ha sufrido la zona, están sumamente deteriorados, por lo que, aunque gran parte de este recorrido está enterrado, sólo podemos hacer suposiciones de algunas características que presuntamente tendría, como pozos de resalto, para romper la presión debido a la fuerte pendiente que presenta el terreno, ya que el trazado del acueducto, en los tramos que se aprecia, sigue fielmente la línea de máxima pendiente.

Las dimensiones de este acueductos son más reducidas que las de Valdepuentes.

Presenta una anchura de caja de 30 cm. Las paredes laterales tienen un espesor de 30 cm y una altura de 45cm El conjunto, todo de hormigón, se halla cubierto por bóveda de cañón, también hormigonada.

Interiormente, presenta la particularidad de que no va recibida de *opus signinum*. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

Este acueducto, que evidentemente no estaba concebido para ser visitado interiormente, se unía subterráneamente con el principal unos cientos de metros después de que éste atravesase el llamado "Arroyo de la higuera".

En esta zona de unión de las dos canalizaciones, Ángel Ventura señala la existencia de tres pozos de resalto, muy próximos, presuntamente para equilibrar la fuerte presión que traería el agua procedente de Vallehermoso.

Entiendo que, desde el punto de vista hidrodinámico, al no estar la canalización entubada, como en un sifón, estos pozos de resalto, son totalmente inútiles, y más si tenemos en cuenta la observación que el propio Ángel Ventura hace, de que el terreno está ligeramente cuesta arriba.

Creo que más bien, corresponden a los *spiramira* que habría en las cámaras de decantación y depósitos reguladores y decantadores que estarían en la unión de las dos canalizaciones, pues los dos caudales no se unirían nunca directamente.

Más adelante, Ángel Ventura, haciendo mención de una descripción anterior (aunque en mi opinión algo falta de rigor), afirma que pasados los terrenos de la antigua granja agrícola, a la altura del actual parque Figueroa, partía un ramal (supuestamente de las mismas dimensiones del acueducto de Vallehermoso) que llegaba hasta las proximidades del río. Concretamente hasta lo que parecen ser un sistema de aljibes romanos, localizados en la avenida del Conde de Vallellano.

Esto tendría sentido si consideramos la alta posibilidad de que en esta zona, estuviese ubicado el puerto fluvial romano, un poco aguas abajo del puente, y que la demanda de agua potable de esta zona por consiguiente fuese elevada.

### • **Cronología y fases de construcción**

Lamentablemente, como pasa en el resto de los acueductos españoles, no tenemos una inscripción, ni mención siquiera, del acueducto que abastecía la ciudad. Debemos deducir la cronología del mismo, por métodos indirectos.

Ángel Ventura, hace mención de los pozos de resalto del acueducto de Yzeron, uno de los que abastecía a Nimes, y que sabemos que es de factura augustea, para centrar la construcción del acueducto de Córdoba en el siglo I d.C. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

Asimismo, hace la suposición de que los dos ramales del acueducto, formaban parte del mismo plan de traída de agua.

En mi opinión, los dos ramales se corresponden con proyectos distintos, pudiendo tener el conjunto en realidad tres fases, en épocas diferentes, aunque tal vez próximas entre sí. Serían las siguientes:

1. La construcción de un acueducto que llevaría agua hasta la parte alta de la ciudad, cuando ésta, todavía no era demasiado populosa, para su distribución posterior por toda ella. Este acueducto, sería el de Vallehermoso, de fuentes relativamente cercanas a la ciudad, y por consiguiente, más fácil y barato de acometer su construcción.
2. Pasado un tiempo más o menos largo, y constatada la mayor demanda de agua de la ciudad, se acometería la traída de agua desde el Arroyo Bejarano.  
Esta obra, sería de una envergadura mayor. Hecha de forma más "completa" y presuntamente definitiva. Es por esto que se recubrió interiormente las paredes de la galería con mortero impermeabilizante, y por ir enterrada en su mayor parte, se la hizo visitable y de grandes dimensiones en todo su recorrido. Además debería recoger y transportar conjuntamente el agua del antiguo acueducto de Vallehermoso.
3. En otro momento posterior (aunque esto, debido a la ausencia de restos no podría asegurarlo) se acometió la construcción de un ramal que partiendo de la canalización conjunta, llevase agua hasta el puerto fluvial, muy alejado, y por tanto más difícil de aprovisionar de agua, desde el lugar donde presuntamente estaría el Castellum Aquae.

En cuanto a la cronología de estas fases, no creo que sea muy arriesgado aventurar lo siguiente:

- ✓ El primer acueducto, se haría en época republicana, más o menos tardía, cuando la ciudad había adquirido ya cierta importancia, y por lo tanto necesitaba tener una fuente "extra" de agua que complementase la extraída de los pozos.
- ✓ El segundo acueducto, el de Valdepuentes, se haría en época augustea o Julio-Claudia, coincidiendo con la pacificación del imperio y el auge económico de la Bética en general y de Córdoba en particular (No olvidemos que en esta época, en Córdoba ya residían familias muy poderosas, de rango senatorial, como los Anneos, etc).
- ✓ El ramal que llevaría el agua al depósito próximo al puerto fluvial es más complicado de fechar. Podría ser contemporáneo del anterior, o posterior, más o menos del siglo II, coincidiendo con la importancia que tuvo que tener el puerto fluvial de la ciudad en la época de los emperadores hispanos.



Hay en todo esto una justificación, y no es otra, que la cronología, mucho más clara, del acueducto de Itálica, con el cual, el de Córdoba presenta muchas analogías, entre ellas la de que ambas ciudades tienen un acueducto con dos ramales, además de otras similitudes en la manera de plantear el hormigonado de los muros que sustentan el canal. (**Roldán Gómez L.** *Técnicas arquitectónicas en la Bética romana*)

En Itálica, sin embargo, el acueducto principal, hecho para abastecer la ciudad adrianea, en los tramos que aparece descubierto, está forrada la fábrica de hormigón del canal con ladrillo, al gusto estético del momento, cosa que no vemos en el acueducto de Córdoba, por lo que hemos de suponer que este es de factura anterior.

Creo por tanto, que para fechar con cierta aproximación el acueducto de Córdoba, debemos acudir al de Itálica, y no fijarnos en otros lejanos, de influencia dudosa.

No es descabellado pensar que los arquitectos que diseñaron el acueducto italicense que abastecía la *Nova Urbs*, fuesen "andaluces". El emperador Trajano, en la carta XLVII de su correspondencia con Plinio el Joven, le hace notar, que arquitectos capaces de hacer bien un acueducto, los hay por todo el Imperio. (**Plinio el Joven.** *Correspondencia con Trajano*)

Ni que para la construcción del acueducto de Itálica, estos se basaran en los conocimientos adquiridos en la construcción y mantenimiento del acueducto de Córdoba, y de otras grandes ciudades de la Bética, que también tenían acueductos. (**Roldán Gómez L.** *Op.Cit*)

No olvidemos, que una de los aspectos que más impresionaron a los primeros estudiosos del acueducto de Itálica, fue la gran uniformidad que había en el mismo en todo su recorrido, algo que caracteriza al acueducto de Córdoba, desde su captación hasta su entrada en la ciudad.

### • El caudal

Para hacer el cálculo del caudal, necesitamos conocer las pendientes del acueducto.

Al tener dos ramales, haremos el cálculo de los dos por separado.

El acueducto de Valdepuentes, presenta las siguientes pendientes, distribuidas en tramos:

- a) Tramo 1. Arroyo Bejarano — Fuente de la Teja
- b) Tramo 2. Fuente de la Teja — Medinat-al-Zahara
- c) Tramo 3. Medinat-al-Zahara — Parque Figueroa
- d) Tramo 4. Parque Figueroa – Córdoba

Tenemos que considerar el desnivel compensado, pues los pozos de resalto, al ser de caída vertical tienen teóricamente una pendiente infinita.

La pendiente compensada será pues la que tendría el acueducto, suponiendo que no necesitase los pozos de resalto. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

Tramo	Longitud (m)	Nº de pozos	Desnivel total (m)	Desnivel de caída (m)	Desnivel comp. (m)	Pend. total (%)	Pend. comp (%)
1	6.300	1	34	3,0	31,0	0,54	0,49
2	1.950	39	200	145,5	54,5	10,26	2,79
3	4.500	7	47	21,0	26,0	1,04	0,57
4	4.000	0	3	0,0	3,0	0,75	0,75

Podemos ver que las pendientes del acueducto son todas aceptables, con la excepción del tramos correspondiente a la fuerte bajada de la sierra. Esto se debe a que se ha considerado la caída de los pozos de resalto de 3,7 m de media. Sin embargo sabemos que en algunos casos la caída llegaba hasta los 5 metros. (**López Cuervo S.** *Op.Cit.*).

Si los 39 pozos de esta parte tuviesen una mayor profundidad, algo que no sabemos) con una media de 4,5 m la pendiente compensada sería de 1,25 % que con ser elevada, es más aceptable desde el punto de vista romano.

Teóricamente, deberíamos centrar nuestra atención en el tramo nº 1, pues es el que lleva menos pendiente. En este sentido, comprobamos una vez más como se cumple el principio romano de hacer el tramo inicial del acueducto con la mínima pendiente, para asegurarse de esta manera que en ninguna parte posterior, el calado del agua en el *specus* sobrepasaría los límites establecidos, pues al aumentar la pendiente, aumentará la velocidad de la corriente, y por lo tanto descenderá el calado del agua en el canal.

Sin embargo, el hecho de que en la parte final del acueducto se juntase el caudal procedente del arroyo Bejarano, con el procedente de Vallehermoso, hará que sea aquí donde la canalización presente un mayor calado, lleve la mayor cantidad de agua, y puedan aparecer problemas de acarreo.

El acueducto de Vallehermoso comienza en una cota absoluta de 320 m y conecta con el de Valdepuentes a una cota de 116 m.

El recorrido es aproximadamente de 2.500 m lo que nos da una pendiente de 8,16 %

Evidentemente, esta pendiente es absolutamente disparatada para un acueducto romano, por lo que es más que probable la inclusión dentro del recorrido de una serie de pozos de resalto que disminuyan la pendiente del acueducto. (**Ventura Villanueva A.** *Op.Cit.*)

El problema se nos plantea, cuando hemos de suponer cuál sería la pendiente compensada que llevaría este ramal del acueducto.

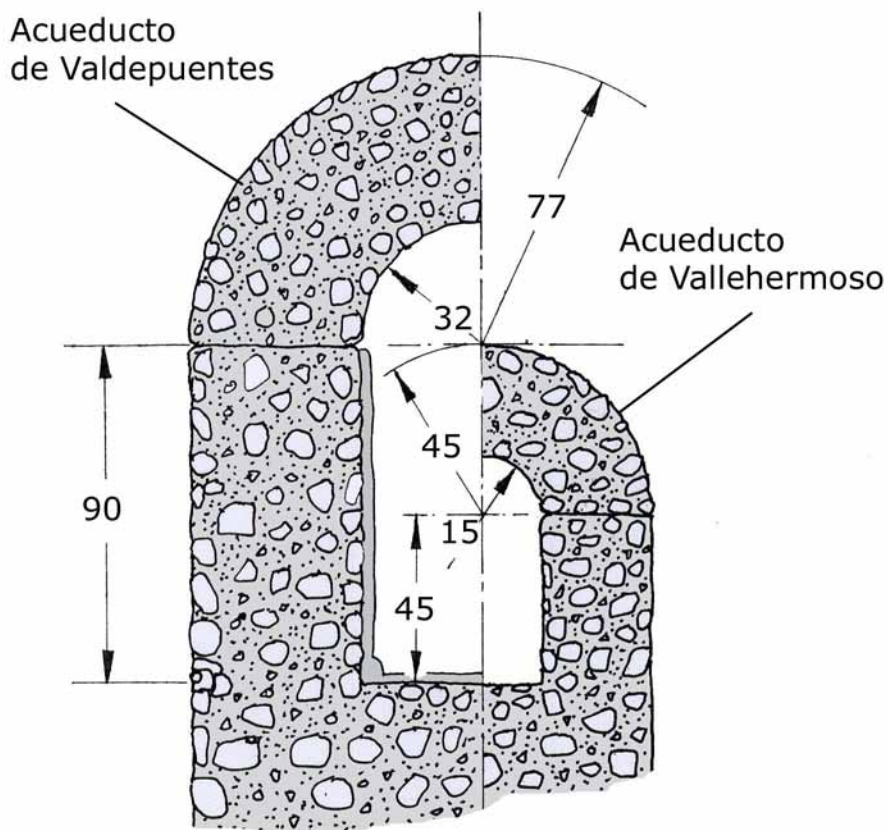
Ángel Ventura, apunta la posibilidad de que la pendiente del acueducto fuese elevada, pues eso justificaría el hecho de que las paredes del canal fuesen proporcionalmente más anchas que las del acueducto de Valdepuentes.

Personalmente, opino que ese no es motivo suficiente, sobre todo, cuando el acueducto transcurre casi todo en línea recta, sin embargo, bien pudiera ser que la pendiente compensada se aproximase al 1% pues de esta manera, habría que hacer menos pozos de resalto, o de menos profundidad.

Tomaremos pues como pendiente compensada para este tramo de Vallehermoso, una pendiente compensada del 1%, algo superior a la que nos vamos a encontrar en el tramo que junta los dos acueductos. Esto además justificaría la inclusión de algún pozo de decantación subterráneo en la zona de unión, lo que explicaría los pozos de ventilación y registro (no de resalto) que Ángel Ventura menciona en esta zona.

## Acueductos romanos de Hispania

Una comparación de los dos ramales, con las cotas en centímetros nos da lo siguiente:



Los datos de partida para el cálculo del caudal serán:

Pendiente.....	1% (0,01)
Ancho del canal.....	0,3 m (30 cm)
Calado máximo.....	0,45 m (45 cm)
Calado medio.....	0,225 m (22,5 cm)
Calado óptimo.....	0,15 m (15 cm)
Coefficiente de rugosidad de Manning.....	0,02

Consideraremos el coeficiente de fricción de Manning de valor 0,02 pues al no tener recubrimiento de Opus Signinum, las paredes tendrían una rugosidad mayor, aunque es de suponer que al desencofrar las paredes del canal, las alisarían interiormente de algún modo.

## Acueductos romanos de Hispania

Podemos confeccionar por tanto la siguiente tabla:

Calados (m)	Caudales Vallehermoso			
	m <sup>3</sup> / s	Litros/s	m <sup>3</sup> /día	Quinarias
0,450	0,157	157	13.591,0	339,8
0,225	0,068	68	5.856,2	146,4
0,150	0,040	40	3.457,3	86,4

Vemos que en las mejores condiciones, el acueducto de Vallehermoso, no aportaba más de 157 litros por segundo, lo que resulta escaso para una ciudad grande, como se supone que era la Córdoba que construyó el acueducto de Valdepuentes.

Este acueducto, en el caso que se hubiese construido antes que el de Valdepuentes, habría sido una mera aportación a una ciudad pequeña. Tal vez para suministrar agua a algún edificio termal.

Este caudal se juntaba con el de Valdepuentes.

Hemos de suponer que en las condiciones más favorables, el canal estaría completamente lleno. (Ángel Ventura, supone que hasta la clave de la bóveda, yo creo que el caudal máximo de cálculo iría hasta cubrir por completo la paredes laterales del canal, es decir 0,9 m.

Con este calado, el *opus signinum* que recubría las paredes en perfecto estado, y una pendiente de 0,7%, el caudal que llevaría el acueducto sería de 1.121 litros/s

Pero esto sería en condiciones excepcionales.

¿Qué caudal debería traer el acueducto de Valdepuentes para que al juntarse los dos, tuviera este caudal?

Si hacemos la resta, vemos que el caudal sería de 964 litros/s O lo que es lo mismo, 0,964 m<sup>3</sup>/s

Sin embargo, debemos de darnos cuenta de un detalle. Estamos suponiendo que los dos acueductos vienen tan llenos, que una vez juntos, llenan completamente el canal de abastecimiento. Sin embargo, el acueducto de Valdepuentes había pasado antes por un tramo de menor pendiente que la que corresponde a la zona donde se juntan los dos acueductos, por lo tanto, el caudal máximo que llegaría por este acueducto de Valdepuentes, vendría "acotado" por este tramo.

## Acueductos romanos de Hispania

Este caudal, para una pendiente del 0,49%, un calado máximo de 90 cm. y un opus signinum en perfecto estado, representa un máximo de 0,906 m<sup>3</sup>/s (Esto, sin contar el hecho de que en los tramos de los pozos de resalto, la sección del canal se reduce casi un 20% lo que sin duda haría de "tapón" en el caso de grandes avenidas)

Resumiendo: Aún en las mejores condiciones, el acueducto que llevaría el agua a Córdoba, no se llenaría completamente hasta arriba, pues el ramal de Valdepuentes, nunca traería la cantidad de agua necesaria para que sumados los dos caudales, el canal se llenase completamente.

Esto es un ejemplo más de la previsión de los arquitectos romanos, y su agudo sentido de la medida, pues siempre prefirieron una corriente moderada pero continua en los abastecimientos a las ciudades, a una grande pero intermitente.

Para calcular los caudales efectivos, deberemos pues, sumar los que corresponden a los dos ramales del acueducto.

Como hemos visto que el caudal máximo de Valdepuentes, viene limitado en el primer tramo, será ahí donde nos centraremos para hacer nuestros cálculos.

Pendiente.....	0,49%
Ancho del canal.....	0,64 m (64 cm)
Calado máximo.....	0,9 m (90 cm)
Calado medio.....	0,45 m (45 cm)
Calado óptimo.....	0,32 m (32 cm)

## Acueductos romanos de Hispania

En cuanto a los coeficientes de fricción, supondremos un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,017 para las paredes en perfecto estado, y de 0,02 para las paredes con incrustaciones.

		Caudales Valdepuentes			
n	Calado (m)	m <sup>3</sup> /s	Litros/s	m <sup>3</sup> /día	Quinarias
0,017	0,90	0,906	906	78.272	1.956,8
	0,45	0,388	388	33.507	837,7
	0,32	0,249	249	21.473	536,8
0,02	0,90	0,770	770	66.531	1.663,3
	0,45	0,330	330	28.481	712,0
	0,32	0,211	211	18.252	456,3

Suponiendo que las proporciones de los dos ramales del acueducto se mantuviesen iguales a lo largo del tiempo tendríamos, para el agua que entraba en Córdoba, sumando los dos caudales:

		Caudal total			
n		m <sup>3</sup> /s	Litros/s	m <sup>3</sup> /día	Quinarias
0,017	<i>Máximo</i>	1,063	1.063	91.843	2.296,1
	<i>Medio</i>	0,456	456	39.398	985,0
	<i>Óptimo</i>	0,298	298	24.969	624,2
0,02	<i>Máximo</i>	0,927	927	80.092	2.002,3
	<i>Medio</i>	0,398	398	34.387	859,7
	<i>Óptimo</i>	0,251	251	21.686	542,2

Ahora solo cabe hacerse la pregunta: ¿Cuál era el caudal que entraba a la ciudad?, o ¿cuál era al menos el caudal de diseño del acueducto?

En mi opinión, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ El acueducto se proyectó para abastecer las necesidades de una ciudad que era capital de Provincia, es decir, que, al menos sobre el papel, tenía unas grandes y crecientes necesidades de agua, no sólo destinada al consumo, sino también al ornato, y satisfacción de necesidades lúdicas y “sociales”.
- ✓ Pese a tener una capacidad de transporte de agua, realmente notable, no cabe duda que esas dimensiones se aplicaron principalmente para facilitar la construcción del acueducto, al ser casi todo subterráneo. Además de posibilitar de esta manera el acceso al interior del canal a un operario que pudiese realizar sin demasiados problemas las imprescindibles operaciones de limpieza.
- ✓ El agua procedente del Arroyo está cargada con cantidades notables de cal, (lo que ha formado grandes concreciones de cal en los pozos de resalto) (**López Cuervo S.** *Op.Cit.*).
- ✓ Los ingenieros romanos, tal y como podemos apreciar al estudiar los acueductos de otras localidades, siempre preferían asegurar un mínimo anual, incluso en los meses más duros del estío, que estar sometidos a los vaivenes estacionales. Esto haría que se debieran estudiar las fuentes de aprovisionamiento, justamente en los meses de mayor sequía para poder estimar los caudales. Sin embargo, esto tampoco sería del todo fiable, habida cuenta de las variaciones que en tanto tiempo pueden haber acontecido en los diversos niveles freáticos que abastecieran la diversas fuentes.

Por todo ello, entiendo que no es demasiado arriesgado suponer que la cantidad de agua que entrase a Córdoba por su acueducto, estuviese próxima a las 700 quinarias, (calculadas por los ingenieros romanos) que suponen, en cualquier caso, una cantidad notable.

Efectivamente, si transformamos las quinarias a unidades más manejables por nosotros (multiplicando por 40, como ya sabemos), tenemos:

$$Q = 700 \cdot 40 = 28.000 \text{ m}^3/\text{día}$$

Esta cantidad de agua, suponen 324 litros por segundo.



### • **La Población**

Como siempre, con todas las reservas, vamos a hacer un cálculo estimativo de la población, que con un cierto criterio, podría vivir en la Córdoba romana con un caudal de agua como éste.

Teniendo en cuenta la capitalidad de la ciudad, no es descabellado pensar que el deseo de hacer a orilla del Guadalquivir una "segunda Roma" les hiciese tender a hacer una serie de fuentes ornamentales, además de las consabidas casa monumentales de baños, etc.

Si la distribución de agua fuese semejante a la que había en Roma, tenemos lo siguiente: (con la particularidad de que al no haber en Córdoba una "casa imperial" el montante de esta cantidad (17%) se sumaría al destinado a satisfacer las necesidades de la población.

Teniendo entonces un 58,42 % de agua destinada a usos públicos, y un 41,58% destinado al consumo privado de los patricios y potentados.

Este 58% de agua, se repartiría, a semejanza de Roma, entre riego de jardines, servicios públicos, fuentes ornamentales y fuentes públicas. Representando el consumo de agua de éstas el 33,24% del total.

Las 700 Quinarias de partida, se quedarían, en agua para beber, en aproximadamente 136, lo que significa 5.440 m<sup>3</sup>/día. Esto supone casi 5 millones y medio de litros de agua al día, sólo para beber, cocinar, etc.

Si suponemos una media de 60 litros por persona y día, tendríamos una población de 90.600 habitantes, a los que habría que añadirle un 1,6 % (Como en Pompeya) de patricios y personas que por su clase, se conectaban directamente al acueducto en tomas privadas.

El total obtenemos una cifra de 92. 049 habitantes.

Evidentemente, es sólo una aproximación un tanto burda, pero no parece, por lo obtenido, muy disparatado suponer que la población de la Córdoba romana rondase los 100.000 habitantes en total.

Téngase en cuenta que muchos pozos seguirían empleándose, lo que posibilitaría (como vimos en las fuentes naturales de Roma) el abastecimiento de una población mayor.