

Las presas romanas en España

Roman Dams in Spain

Juan Carlos Castillo Barranco. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Ingeniero del Departamento de Obras Lineales de IBERINSA. jcbarran@acciona.es

Resumen: Existen en España restos o referencias de 73 presas de probable adscripción a época romana cuya fecha de construcción se sitúa entre los siglos I y IV, de las que 45 han podido ser localizadas y caracterizadas con suficiente detalle. Ha sido posible observar cómo los romanos desarrollaron su técnica de construcción de presas en la provincia hispana a través de la evolución en sus tipologías constructivas y en los emplazamientos escogidos, lo que supone el aprendizaje tras los fracasos en sus primeras realizaciones.

Palabras Clave: Presas romanas, Embalse, Azud de derivación, Abastecimiento de agua, Muro-pantalla, Terraplén, Hormigón de cal

Abstract: There are in Spain remains of and references to 73 dams from the Roman era, constructed between the 1st. and 4th. centuries a.C. Forty five of them have been located and detailed with security. It is noted a continuous improvement which provided the upgrading in technical criteria in Hispania from the evolution in locations and structural forms of Roman dams, based on a simple trial and error method.

Keywords: Roman dams, Reservoir, Diversion weir, Water supply, Retaining wall, Earth embankment, Lime concrete

Introducción

El presente artículo está basado en un trabajo realizado sobre las presas de época romana en España, que ha permitido la identificación de restos o referencias de 73 presas de probable adscripción a época romana en España, y cuya fecha de construcción cabe situar entre los siglos I y IV de nuestra Era. De este número total, 45 han podido ser localizadas y caracterizadas con suficiente detalle. En las veintiocho restantes, aunque han sido identificadas sobre el terreno, aún no ha sido posible llegar a una caracterización definitiva; en unos casos por tratarse de ruinas en un estado de degradación importante y no ser posible su adscripción a época alguna (y ni siquiera en algunos casos su identificación), y en otros por quedar enmascaradas por reparaciones y reconstrucciones posteriores a la época romana. La relación de las cuarenta y cinco presas caracterizadas con suficiente grado de fiabilidad figura en el cuadro que se incluye a continuación, con indicación diferenciada de las presas de embalse y de los azudes de derivación.

Distribución de las presas romanas en España

La mayor parte de las presas construidas por los romanos en España –y, en particular, las de mayores dimensiones– se concentran en tres núcleos preferentes: la cuenca del Ebro, en especial la margen derecha, con un foco principal que podría situarse en Zaragoza (*Caesaraugusta*); el entorno de Mérida (*Augusta Emerita*) a lo largo de la cuenca media del río Guadiana; y por último, la margen izquierda del río Tago, sobre todo en puntos próximos a Toledo (*Toletum*). En estos sectores del territorio español la regulación natural de los ríos que por ellos corren es baja o muy baja, como consecuencia básicamente de la desigual distribución de las precipitaciones a lo largo del año. Además, las condiciones climáticas en época romana se calcula que debieron ser muy similares a las actuales. Estas condiciones climáticas obligaron entonces –por lo que ahora observamos–, y obligarían después, a la construcción de presas de embalse, capaces de almacenar y regular las aguas disponibles, con objeto de distribuir las ade-

Tabla 1. Cuadro resumen de las presas romanas identificadas en España

Nombre	Dimensiones			Situación			Tipo	Fecha Const.
	L	E	H	Río	Cuenca	Provincia		
Presas de embalse								
Almonacid de la Cuba	120,0	38,0	34,0	Aguasvivas	Ebro	Zaragoza	MPR	I
Proserpina	427,8	5,9	21,6	Las Pardillas	Guadiana	Badajoz	T (MP)	I-II
Cornalvo	194,0	26,0	28,0	Albarregas	Guadiana	Badajoz	T (MP)	I-II
Alcantarilla	>800,0	4,0 ?	20,0	Guajaraz	Tajo	Toledo	T (MP)	I
Ermita Virgen del Pilar	80,0	6,9	16,6	Sta. María	Ebro	Teruel	MPR	I-II
Muel	64,7	4-16	12,15	Huerva	Ebro	Zaragoza	MPR	I a.C.
La Pared de los Moros	68,0	2,7	8,4	Farlán	Ebro	Teruel	MP	III
Esparragalejo	320,0	2,2	5,6	Albuca	Guadiana	Badajoz	C (MP)	I
Consuegra	>632,0	2,6	4,8	Amarguillo	Guadiana	Toledo	C (P)	III-IV
Las Tomas	95,0	1,9	5,2	—	Guadiana	Badajoz	C (P)	IV
Iturranduz (Andelos) inf.	102,0	1,0	>4,0	San Pedro	Ebro	Navarra	C (P)	II-III/IV
Iturranduz (Andelos) sup.	150,0	0,7	(?)				C (P)	
Arévalo	50,0	3,0	6,0 ?	Arevillo	Duero	Ávila	PR	II
El Paredón	141,1	2,7	4,5	Paredón	Guadiana	Badajoz	T,MP-C	III
Araya	139,0	1,8	3,7	—	Guadiana	Badajoz	C (MP)	II
Vega de Sta. María	97,8	3,5	3,6	Heras	Guadiana	Badajoz	C (MP)	?
Villafranca	150,0	2,2	3,0	Jiloca	Ebro	Teruel	C (MP)	II-III
Paerón I	80,0	1,2	2,4	Sta. María	Tajo	Toledo	T (P-C)	I-II
Los Paredones (*)	80,0	2,5	>2,0	Gitano	Guadiana	Badajoz	P	I-II
El Peral	30,0 ?	1,0 ?	2,2 ?	Norías	Guadiana	Badajoz	P	I-II
La Cuba	52-180	0,8	>2,0	Cuba	Guadiana	Badajoz	T (P)	II-III
Azudes de derivación								
Río Frío (*)	13,4	0,7	1,1	Aceveda	Duero	Segovia	P	I
Pont d'Armentera (*)	35,0	0,8	1,5	Gayá	Ebro	Tarragona	P	II-IV
Azud de los Moros (*)	40,0	0,7	0,9	Tuéjar	Turia	Valencia	P	I
Arroyo Bejarano (*)	40,0	2,0	3,5	Bejarano	Guadalquivir	Córdoba	P	I
Palomera Baja (*)	15,0	1,0	2,2	Palomera	Guadalquivir	Córdoba	P	III
Puy Foradado	56,0	1,0	2,0	—	Ebro	Zaragoza	A (P)	II-III
Pineda o Ca'La Verda (*)	25,0	1,5	2,5	Pineda	Ebro	Barcelona	MPR	III
Las Adelfas	(?)	(?)	(?)	Las Adelfas	Guadiana	Badajoz	P	II
Las Muelas	200,0	3,4	3,0	Las Muelas	Guadiana	Badajoz	C (MP)	II
Cañada del Huevo	100,0	5,0	2,5	—	Guadiana	Badajoz	C (MP)	II
Las Mezquitas	(?)	(?)	1,6	—	Guadiana	Badajoz	MPR	II
San Martín de la Montaña	(?)	(?)	3,0 ?	San Martín	Tajo	Toledo	P	I-II
Charca de Valverde	170,0	3,0	>3,0	La Charca	Guadiana	Badajoz	T,MP-C	?
Azud de la Rechuela (*)	29,0	3,0 ?	3,0	Aguasvivas	Ebro	Zaragoza	C (MP)	?
Les Parets Antiques (*)	30,0	2,3	3,0	S..Sebastián	Ebro	Barcelona	P	III-IV
Mesa de Valhermoso	98,0	1,8	3,0	Valhermoso	Tajo	Toledo	T,MP-C	II-III
Castillo Bayuela	30,0	1,5	3,0	Guadamera	Tajo	Toledo	C (MP)	II-III
Moracantá	40,8	1,9	2,1	Guazalote	Tajo	Toledo	MP	I-II
El Hinojal (Las Tiendas)	230,0	1,6	1,3	Charcoblanco	Guadiana	Badajoz	C (MP)	III-IV
Paerón II	30,0	1,1	>1,5	Sta. María	Tajo	Toledo	C (MP)	I-II
El Argamasón	14,7	1,4	1,3	Trípero	Guadiana	Badajoz	MP	II-III
Balsa de Cañaverl	30,0	2,4	1,2	—	Tajo	Cáceres	T (P)	IV
El Peral II	7,6	0,7	>0,9	Las Norías	Guadiana	Badajoz	C (MP)	?
El Chaparral	50,0	1,1	>0,8	La Alcazaba	Guadiana	Badajoz	P	III-IV
Monroy	(?)	(?)	(?)	—	Tajo	Cáceres	P	?

MP: muro-pantalla; MPR: muro-pantalla reforzada; P: pantalla simple; PR: pantalla reforzada; T: tierras; C: contrafuertes; A: arco gravedad.
L: longitud en coronación; E: espesor (en presas de tierra se refiere al espesor de la pantalla); H: altura máxima.

(*): En estas obras, no se ha conservado resto de fábrica romana aparente, aunque resulte aceptable su adscripción a época romana por su relación directa con otras obras adyacentes identificadas como romanas.

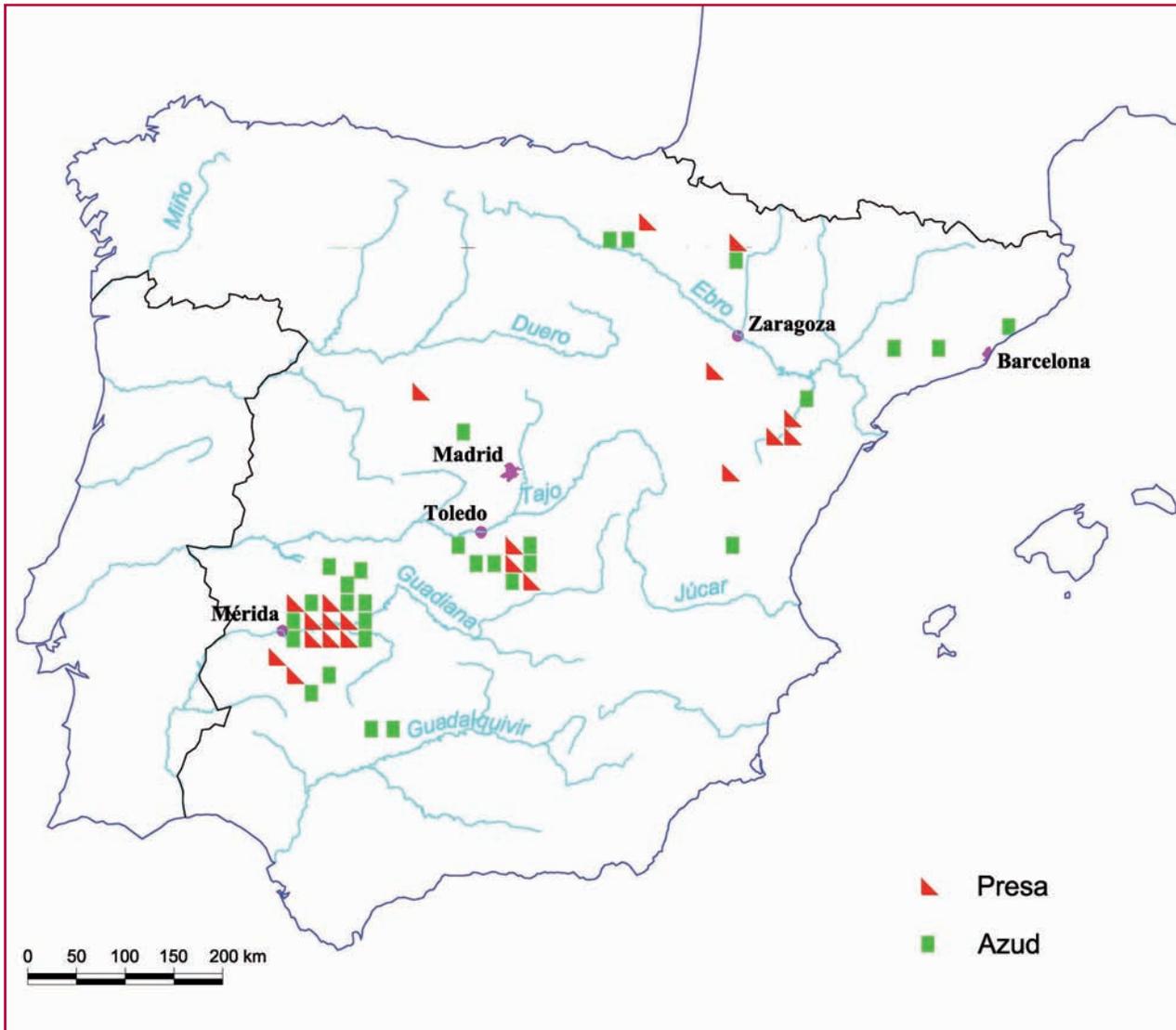


Fig. 1.
Distribución de
las presas
romanas en
España.

cuadramente a lo largo del año. Precisamente cuatro de esas presas de regulación se cree que fueron construidas para asegurar el abastecimiento de agua a las ciudades romanas citadas más arriba: Muel a *Caesaraugusta*, Alcantarilla a *Toletum*, y Proserpina y Cornalvo a *Augusta Emerita*; de éstas dos últimas se ha constatado recientemente que fueron erigidas para este fin con total seguridad (Aranda 2006).

Este sistema no es en cambio el modelo general que aplicaron los romanos para resolver los abastecimientos de agua urbanos y, de hecho, se limitaron a emplearlo, con buen criterio, únicamente cuando las condiciones climáticas les obligaron a ello. En la mayor parte de los casos (y en España también con mucha frecuencia) optaron por captaciones en ca-

beceras fluviales mediante azudes de derivación, o por tomas directas en fuentes. Con este modelo los romanos no hicieron sino repetir el que habían empleado sistemáticamente en la península Itálica, más favorecida por las lluvias que la Ibérica. Ello no quiere decir que no se haya constatado fehacientemente la utilización de presas como cabeceras de diversos sistemas de abastecimiento de agua a ciudades, y por tanto, para consumo humano, como ha quedado recientemente ratificado en recientes estudios sobre las presas emeritenses, o pueda fácilmente comprobarse en otras obras de menor entidad, como es la presa de Iturraduz, cabecera del sistema de abastecimiento a la ciudad romana de Andelos (Mendigorría; Navarra).

Si hablamos del caso concreto de Roma, los once acueductos que fueron construyéndose entre los siglos III a.C. y IV de nuestra Era tuvieron sus orígenes, en casi todos los casos, en fuentes o en cabeceras fluviales, a veces muy alejadas de la urbe. Este criterio, aplicado a los abastecimientos urbanos, dio lugar en bastantes ocasiones a la construcción de largos acueductos y se suele explicar por el interés de los romanos en utilizar aguas de calidad aunque fuesen lejanas, frente a otras más próximas pero de peores características. En España soluciones de este tipo fueron relativamente frecuentes. Es el caso de Cádiz, con cerca de 60 km de conducción, o también el de Toledo, con un acueducto de más de 40 km de longitud, como consecuencia del emplazamiento de la presa muy lejos de la ciudad, cuando podía haberse situado mucho más próxima a ésta.

Sin embargo, cuando los romanos construyeron en España presas de embalse, entendiéndose por tales las que poseen un componente de regulación sobre el cauce interceptado, a veces se apartaron claramente de este criterio. De los tres núcleos que antes hemos señalado, esto ocurre, en concreto, en la cuenca del Ebro (zona de *Caesaraugusta*), donde las grandes presas se situaron, como norma, en tramos medios de ríos de cierta importancia. Por el contrario en el centro-oeste peninsular (*Emerita* y *Toletum*), donde se ubican las presas más conocidas tradicionalmente, estas obras se emplazaron siempre en cabeceras fluviales o en arroyos de poca entidad, con cuencas de recepción, por lo tanto, pequeñas. En el primer caso, los mayores problemas que encontrarían los romanos debieron ser los producidos por las avenidas fluviales (amén del rápido aterramiento del embalse), y en el segundo, los derivados de la escasez de agua. Precisamente para subsanar estas carencias, en los tres embalses mayores de esa zona (Alcantarilla, Cornalvo y Proserpina) se recurrió a trasvasar hacia ellos las escorrentías de cuencas adyacentes.

Estas diferencias de criterio en lo que a emplazamientos se refiere, se refleja también en las soluciones estructurales adoptadas, al menos en el caso de las presas romanas de mayor importancia: en el Ebro las presas de mayor altura son de fábrica, mientras que en el Tajo y el Guadiana son de materiales sueltos con pantalla impermeable aguas arriba. En cuanto a las presas menores, generalmente se proyectan las tipologías ya experimentadas en las

de mayor envergadura, apareciendo también algunas tipologías nuevas, como la presa de contrafuertes y otras, en este caso más puntuales, como las de arco o arco-gravedad.

Características básicas de las presas romanas hispanas

Las más importantes presas romanas en España, pueden ser consideradas grandes presas incluso con la terminología actual. Sus características se recogen en la tabla 2.

En cuanto a características estructurales, hay un elemento constructivo de carácter básico que incluye la mayor parte de las presas construidas por los romanos en España, y que se repite casi sistemáticamente: el muro-pantalla con el que se conseguía la estanquidad de la estructura. A este muro se agregaban –y no siempre– otros elementos, que aseguraban (o completaban) la estabilidad del sistema. El muro-pantalla romano es de concepción muy sencilla: un núcleo de hormigón de cal (*opus caementicium*), enmarcado por dos paños de fábrica, que solían ser de mampostería (*opus incaertum*) o sillería (*opus quadratum*). A veces a estos paños, que servían en ocasiones de simples encofrados perdidos, y sobre todo cuando la mampostería era de baja calidad, se adosaban otros, de características cada vez mejores hacia el exterior. De este conjunto el elemento más importante era el núcleo de *opus caementicium*, que era el que debía cumplir la misión de impedir el paso del agua.

Tabla 2

Nombre	Altura (m)	Situación (Río)	Cuenca
Proserpina	21,6	Las Pardillas	Guadiana
Cornalvo	20,8	Albarregas	Guadiana
Alcantarilla	15-20	Guajaraz	Tajo
Muel	12,15	Huerta	Ebro
Ermita Virgen del Pilar	16,7	Santa María (Aguasvivas)	Ebro
Pared de los Moros	8,4	Farlón (Aguasvivas)	Ebro
Consuegra	4,8 (*)	Amarguillo	Guadiana

(*) La inclusión de esta presa en este grupo no obedece a su altura, sino a su longitud en coronación (unos 700 m), así como a la importancia de su volumen de embalse.

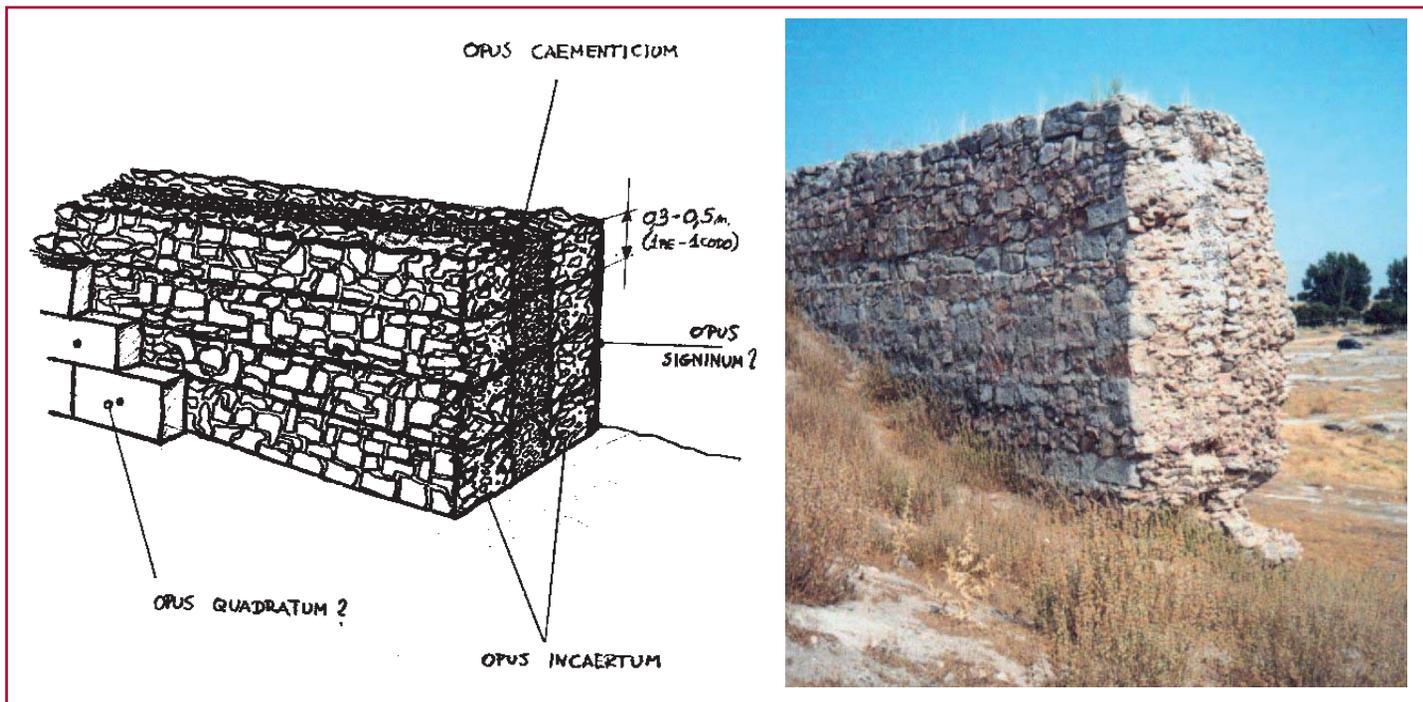


Fig. 2. Esquema de un muro de lienzos yuxtapuestos de fábrica romana con detalle de la disposición habitual de fábricas en la pantalla de una presa romana. Ejemplo en una obra real: sección del muro de la pantalla de aguas arriba en la presa romana de Alcantarilla (Toledo).

La carencia de aliviaderos es una de las características de casi todas las presas romanas que se han localizado en España. Tan sólo en Almonacid se puede identificar con claridad una obra de este tipo, aunque su capacidad era muy reducida y, por tanto, de baja efectividad. También es cierto que, por lo que hasta ahora se conoce, los romanos hicieron muy pocas obras sobre ríos caudalosos y la mayor parte de las veces se limitaron a cerrar cauces de entidad menor. Con ello, parece que lo que realmente pretendían los romanos en estos casos era la formación de grandes depósitos en las cabezas de los sistemas hidráulicos que construyeron (*caput aquae*). De este modo, en cauces de bajos caudales y avenidas poco importantes podrían controlar los embalses con el simple uso de las tomas y los desagües instalados en las presas. Sin embargo, en ríos como el Aguasvivas (Almonacid), el Huerva (Muel), el Guajaraz (Alcantarilla) o incluso el Santa María (Virgen del Pilar), quizá las más antiguas de las presas conocidas, las circunstancias son diferentes, ya que, a pesar de que ninguno de estos ríos es especialmente caudaloso, si tienen caudales constantes e importantes avenidas, por lo que en los dos primeros casos se adivina la intención de los ingenieros romanos de evacuar los caudales sobrantes mediante algún elemento adicional a los

desagües (en el último caso, el de la Virgen del Pilar, la presa está arruinada), aunque no se llegó a abordar adecuadamente el problema. En algunas presas de fábrica las avenidas no llegaron a producir la ruina de la obra (segunda presa de Almonacid o Muel), pero no ocurrió lo mismo con las de materiales sueltos (Alcantarilla), como es lógico. Probablemente fue esta la causa de que las grandes presas, y sobre todo, con esta última tipología, sólo se volviesen a construir en cerradas con muy baja probabilidad de que se produjesen grandes crecidas (por ejemplo, Cornalvo y Proserpina entre las obras mayores), y si las aportaciones eran muy bajas, en ese caso se complementasen con trasvases desde cuencas vecinas.

Otros elementos de interés en las presas romanas son las torres de toma de las grandes presas, que también aparecen en ocasiones en otras obras menores. En todos los casos conocidos (excepto en Cornalvo, donde la torre está dentro del embalse), estas obras se adosaban, aguas arriba o aguas abajo, a las fábricas de las estructuras, con accesos, desde éstas o desde los terraplenes, a las cámaras en las que estaban situados los elementos de apertura y cierre de las conducciones. La rotura o avería de estos elementos debió plantear, no obstante, problemas de difícil solución, pues tales situaciones



tenían que conducir sistemáticamente a la inundación de la torre por el agua del embalse. En Proserpina, al retirarse los sedimentos que habían rellenado parcialmente el vaso se encontró un tapón de madera de grandes dimensiones (datado en época romana por el método del C14), que se debió emplear para cerrar la conducción desde el embalse en este tipo de situaciones. El problema en estos casos debía ser el de retirar el tapón a embalse lleno.

Descripción de las principales presas hispanas.

La principal presa romana que ha llegado hasta nuestros días es la de **Almonacid de la Cuba**. La estructura de esta presa formada por una estructura de núcleo-pantalla reforzado, una variante mejorada a efectos resistentes del modelo básico de pantalla de fábrica romana. Se trata de la presa de mayor altura (34 metros) de todas las de época romana conservadas en el mundo. Está situada en el propio río Aguasvivas y tiene una cuenca receptora de unos 1.000 Km². Construida en la época de Augusto (según la datación obtenida por C14 en los estudios promovidos por el Gobierno de Aragón), y reconstruida y reparada en numerosas ocasiones, esta presa tiene una peculiaridad que acrecienta, si cabe, su interés: la estructura romana que se conserva es una importante reconstrucción de otra obra romana más antigua, de tipología completamente distinta.

Fig. 3. Vista de la presa de Almonacid de la Cuba desde aguas abajo. Se aprecia la diferencia entre el estribo derecho y el cuerpo central de la presa (primer término), con un aspecto muy macizo, y el estribo izquierdo, con el Ojo de la Cuba y el aliviadero justamente encima, con una fábrica más cuidada y planta en arco. Fuente: M. Arenillas.

La primera presa que se levantó en la cerrada de Almonacid debió ser una presa formada por tres arcos, uno central, situado en el sector más angosto y profundo de la cerrada, y dos laterales que se apoyaban contra el terreno y contra dos grandes contrafuertes, en los que enlazaban con el arco central. Esta primera presa se debió romper bastante pronto, quizá incluso en las fases finales de su construcción, y también se debió reconstruir enseguida, modificándose entonces muy sustancialmente, su estructura original, que pasó a ser la propia de una presa de gravedad y planta recta. La rotura de la presa fue, sin duda, parcial, y probablemente se localizó en una zona no muy extensa (quizá en el arco central). Con ello, y aunque la ruina no fuese total, la presa debió perder por completo su funcionalidad. En la reconstrucción posterior se mantuvieron, en todo o en parte, muchos de los elementos de la obra original: el arco de margen izquierda, con elementos del contrafuerte en el que se apoyaba, o la torre de toma, entre otros. Todos estos restos se aprecian todavía en la estructural actual, que se corresponde en buena medida con esa reconstrucción. Otros elementos de la primera presa se han podido localizar a partir de los datos obtenidos de numerosos sondeos realizados en la estructura, que además han facilitado información sobre el proceso de colmatación del embalse y han permitido concluir que si la primera presa hubiera estado en servicio durante bastantes años, los rellenos del embalse habrían impedido reconstruirla como después se hizo.

La presa definitiva de Almonacid es un muro-pantalla muy reforzado en su parte principal (cerca de 40 m. de espesor en cimientos y 34 m. de altura), con un bloque más esbelto y de poca altura en margen izquierda, en el que se sitúa el aliviadero. Este bloque corresponde, con algunas reparaciones posteriores (en su mayor parte de época romana), a los restos conservados de la primera presa. La parte principal de la estructura -muy robusta- cierra la zona más profunda del valle y en sección consta de un cuerpo central rectangular y de dos paramentos escalonados, siendo el escalonado aguas abajo, doble. En el cuerpo central destaca un muro-pantalla que, por los datos obtenidos de los sondeos realizados, alcanza entre diez y doce metros de espesor, de los cuales los 2,70 m centrales corresponden a un núcleo de hormigón de cal (*opus*

caementicium). Este núcleo está enmarcado entre dos paños dobles de mampostería (*opus incaer-tum*), con espesores medios de unos 3,70 m el de aguas arriba y de 4,60 m el de aguas abajo. En ambos casos, las fábricas situadas junto al núcleo son de peor calidad que las exteriores. El muro-pantalla corresponde a la primera presa, y quizá entonces tuviese un revestimiento de sillares. Al reconstruirse la obra se reforzó muy significativamente la pantalla: aguas abajo se levantó un muro de mampostería de unos nueve metros de espesor, revestido en el paramento por un paño de *opus vittatum* (piezas de caliza dispuestas en bandas horizontales), al que se adosó un gran faldón escalonado, el inferior de los dos que se conservan en ese lado. Más tarde se incrementaría el refuerzo con dos nuevos faldones escalonados, uno por cada cara.

Después de esta gran reconstrucción, y como consecuencia de los reiterados efectos de las avenidas del río Aguasvivas, la presa tuvo que seguir reparándose. En las fábricas que se conservan se aprecian numerosas reconstrucciones e incluso se ha detectado, por el estudio de los sedimentos del embalse, un período de abandono durante la segunda mitad del siglo I. Las intervenciones más importantes pueden datarse en las épocas de Claudio (41-68) y Trajano (98-117). En este último período se recreció la presa para paliar en cierta medida los efectos del aterramiento del embalse, que ya debían ser importantes entonces. Convertida ya en un azud de derivación debido al aterramiento de su embalse, Almonacid de la Cuba aún cumple la función de derivación a través del antiguo canal romano hasta la zona regable de Belchite, a 8 kilómetros aguas abajo.

La presa de **Proserpina** es una obra mucho mejor conocida que la anterior y puede que sea la presa romana más famosa, ya que ha sido estudiada recientemente con bastante detalle y todavía se mantiene en servicio (aunque dedicada a fines distintos que los previstos por los romanos). Está ubicada sobre el cauce del pequeño arroyo de Las Pardillas, subafluente del Guadiana por margen derecha y se trata, en realidad, del recrecimiento del cierre de una charca natural que se situaba a pocos kilómetros al norte de Mérida (*Emerita Augusta*). La retirada de los materiales del fondo del embalse en 1991 con motivo de los trabajos de regeneración del embalse, puso al descubierto cerca de siete

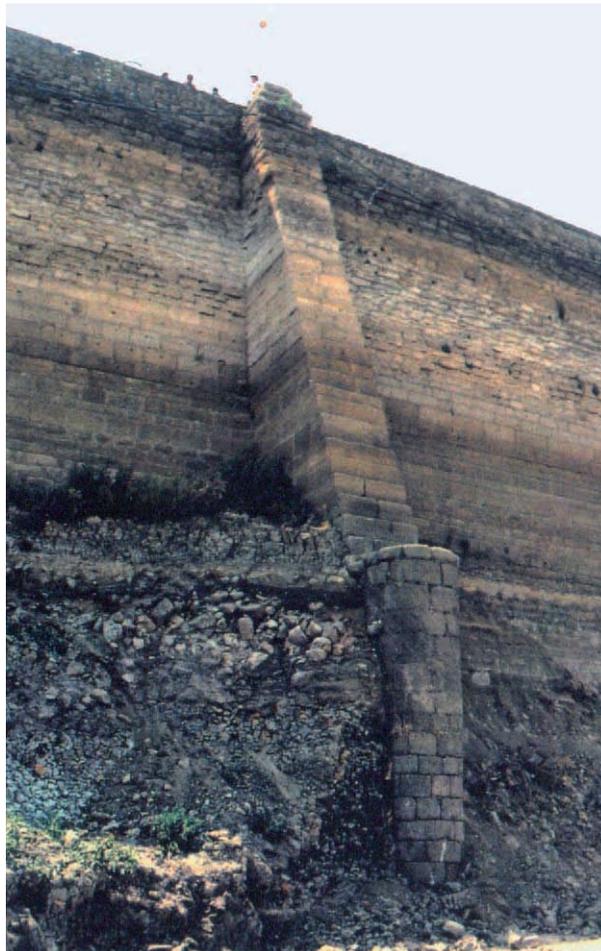


Fig. 4. Paramento de aguas arriba de la presa de Proserpina, donde se aprecia la fábrica de la primitiva presa asomando entre las capas de tarquines del fondo del embalse, durante la limpieza de 1991. Fuente: M. Arenillas.

metros de fábrica cuya morfología contrasta en cierta medida con la correspondiente a la parte superior de la estructura, única conocida hasta entonces. Esta operación y los datos obtenidos de sondeos y otros reconocimientos realizados, facilitó una buena caracterización de la obra.

La presa de Proserpina está formada por un muro de fábrica (muro-pantalla), al que se adosa aguas abajo un espaldón de tierras. El muro-pantalla está constituido por dos paños de fábrica de granito –sillaría, sillarejo o mampostería, según las zonas–, con un relleno entre ambos de hormigón de cal. La altura máxima de este muro es de 21,60 m, de los cuales los 6,60 inferiores corresponden a la fábrica recientemente descubierta. En planta, la presa describe tres alineaciones rectas, con una longitud total en coronación de 427,80 m. En margen izquierda hay, además, un muro auxiliar de unos cien metros de longitud, que sirve para cerrar tramos donde el terreno queda por debajo de la coronación de la presa.

El paramento de aguas arriba del muro-pantalla es vertical en los 6,60 m inferiores e inclinado en el resto. De este paramento surgen nueve contrafuertes, distribuidos de modo irregular a lo largo del sector central de la presa, excepto el más próximo al estribo derecho, que queda fuera de esta zona central. En el tramo inferior, los ocho contrafuertes se rematan con sección semicircular a unos cuatro metros y medio del paramento, mientras que en la zona superior, que es escalonada, todos los contrafuertes son de sección rectangular. En el paramento de aguas abajo, que es en este caso vertical, existen asimismo dieciséis contrafuertes en el sector central de la presa. Se trata de elementos verticales, de mampostería, de 1,40 metros de ancho y tres metros de longitud, separados unos seis metros entre ejes. Todos estos contrafuertes rematan dos metros por debajo de coronación, en coincidencia con un retallo de treinta centímetros que aparece a lo largo del paramento de la presa. Los sondeos horizontales realizados en el muro-pantalla han permitido fijar para éste un espesor en cimientos de 5,90 metros (veinte pies romanos).

Las tomas del embalse se sitúan en dos torres, que se adosan al muro pantalla por la parte de aguas abajo, quedando por tanto embebidas en el espaldón de tierras, del que sobresalen con altura estricta para permitir el acceso a su interior. La torre principal se ubica en la parte más profunda de la cerrada y tiene una sección irregular, aunque casi cuadrada, de entre cinco y seis metros de lado por el exterior. A esta torre acometen dos series de tomas. La inferior es una toma romana y está formada por dos tubos de plomo de unos 22 cm de diámetro interior, que se emplazan a más de tres metros sobre el nivel de cimentación. Casi cuatro metros más arriba hay otra toma labrada en una losa de piedra, que corresponde, probablemente, a una obra de rehabilitación del siglo XVII. La toma romana de esta torre debió alimentar algún molino y también debió funcionar como desagüe de fondo. La otra torre se sitúa en margen izquierda, a unos diez metros sobre el cauce, y es también de sección sensiblemente cuadrada, de unos siete metros de lado por el exterior. A esta torre acomete la toma superior, que se emplaza casi doce metros por encima de la más baja. Esta toma es la única que, por cota, permite llevar agua del embalse hasta Mérida a través del Acueducto de Los Milagros, pues la rasante de la conducción sobre este acueducto queda por encima del nivel de la otra toma romana. Este hecho permite

asegurar el carácter romano de toda la presa y no sólo de la parte inferior. Ello no impide que el sector superior de la estructura haya podido ser reparado o reconstruido con posterioridad, tal y como se aprecia en distintos puntos. Por otro lado, para la presa de Proserpina se dispone de dataciones absolutas a partir de dos muestras de madera que se extrajeron de la parte inferior de la fábrica, analizadas por el método del C14, que determinan una edad calibrada que permite situar la construcción de esta fábrica en la época de Trajano (98-117), lo que podría coincidir con la probable fecha de construcción del acueducto de Los Milagros.

La larga pervivencia de la obra no parece debida a la contribución de los contrafuertes de aguas arriba, que no son demasiado efectivos dadas las distancias que hay entre ellos. La razón de la estabilidad del muro-pantalla debe radicar básicamente en la baja probabilidad de que se presenten avenidas importantes en el pequeño arroyo que alimenta el embalse (con una cuenca de 8,5 Km²), incluso sumando los efectos de la cuenca adyacente desde la que se trasvasan caudales al embalse (otros 15 Km²). Esta solución, que es la misma que se aplicó en Alcantarilla y Cornalvo asegura mayores caudales en circunstancias normales, pero al mismo tiempo permite eliminarlos dejando de trasvasar en situaciones extraordinarias, por lo que en principio estas presas no precisarían de aliviaderos.

La presa romana de **Cornalvo**, se sitúa sobre el río Albarregas, afluente del Guadiana por la derecha, a unos quince kilómetros de Mérida. Se cree que fue construida para mejorar un aprovechamiento anterior para el abastecimiento de agua a *Emerita* que tenía su origen en una serie de captaciones subálveas, excavadas en los depósitos aluviales del río Albarregas, en la zona que después quedó cubierta por el embalse. Estas captaciones convergían en un punto en el que se iniciaba la conducción a Mérida (según citan antiguos autores). Cuando las aguas de esta captación resultaron escasas para la ciudad es cuando se debió construir la presa; entonces se levantó una torre de toma en el punto donde se unían las captaciones antiguas, que queda próximo a la presa, pero dentro del embalse. De este modo la torre de toma de Cornalvo resulta un elemento singular en las presas de época romana construidas en España, al ser una obra exenta, situada aguas arriba de la presa, con acceso desde la coronación de ésta a través de un puente del que todavía se conservan piezas del arranque.



Fig. 5. Vista del paramento de aguas arriba de la presa de Cornalvo desde su estribo izquierdo, donde apreciamos el graderío entre los dos muros verticales superiores, así como el asomo de la fábrica de sillarejo entre el segundo muro y el último, sumergido bajo el embalse. A la derecha, la torre de toma exenta.

La presa de Cornalvo sigue en sus grandes líneas el modelo de Alcantarilla y Proserpina: un gran terraplén protegido aguas arriba mediante un elemento estructural –que no es propiamente un muro-pantalla–, al que se confiaba, básicamente, la función de cierre estanco. Esta estructura está formada por tres muros longitudinales (paralelos a la dirección de la presa), otra serie de ellos perpendiculares a los anteriores y todos cubiertos por el paramento de aguas arriba de la presa, que tiene una inclinación no muy acusada y creciente con la altura. Los recintos formados por esta



Fig. 6. Vista del paramento de la presa de Alcantarilla desde aguas arriba, donde es posible apreciar las tongadas de 0,5 m. de espesor de *opus incaerum*, así como las pocas hiladas conservadas de *opus quadratum* del revestimiento exterior.

retícula de muros están rellenos de materiales de muy diverso tipo. La singularidad de esta disposición ha hecho pensar en ocasiones en la posibilidad de que parte de esta estructura corresponda a alguna de las intervenciones históricas conocidas sobre la presa.

La primera de las grandes presas de materiales sueltos del centro-oeste peninsular debió ser la de **Alcantarilla**, en la que se recurrió también al muro-pantalla como elemento fundamental para retener las aguas. Tanto en este caso como en el de Proserpina, se aplicó esta solución con criterios de diseño muy estrictos, mientras que como hemos visto en el caso de Cornalvo, se recurrió sin embargo a una variante más compleja, si bien es posible que en este caso la obra que se conserva refleje importantes modificaciones posteriores.

La presa de Alcantarilla se encuentra arruinada desde tiempos antiguos, probablemente desde la propia época romana. Las causas de esta rotura se han podido analizar por los numerosos restos que se conservan y por su similitud con la presa de Proserpina. La obra se emplaza sobre el río Guajaraz, afluente del Tajo por la izquierda, en una zona alta de su curso (con sólo 50 Km² de cuenca alimentadora) y fue la cabecera del importante abastecimiento de agua romano a Toledo. La presa está formada por un gran terraplén de tierras, hoy muy degradado, y un muro-pantalla aguas arriba, del que se conservan algunos tramos casi intactos y numerosos bloques volcados sobre el terreno. La longitud total de la presa debió superar los 800 m. y su altura máxima se puede estimar entre los 15 y 20 m.

Se trata pues, como ya se apuntaba más arriba, de una presa de materiales sueltos con pantalla aguas arriba (en terminología moderna). El terraplén está formado por arcillas arenosas propias de la alteración de los granitos de la cuenca y no debe ser, por tanto, muy impermeable; en consecuencia, es nuevamente el muro-pantalla el que ejerce la acción de impedir el paso de las aguas del embalse, reservándose al terraplén la acción resistente, pues la pantalla era muy esbelta para su altura, unos cuatro metros de espesor en la base.

Según se aprecia en algunos bloques, el muro-pantalla está constituido por un núcleo de hormigón de cal (*opus caementicium*) de unos 60 cm de espesor que se sitúa entre dos paños de mampostería (*opus incaerum*) de espesores variables, que oscilan entre los noventa centímetros, y el metro y medio. El

pañó de aguas arriba debía estar forrado en toda su extensión por sillares (*opus quadratum*), de los que se conservan algunos tramos de varias hiladas en el tramo que se mantiene en pie en margen izquierda. Se trata de piezas bien labradas, de unos 50 cm de altura, 60 cm de espesor y longitudes que pueden superar el metro. El paramento de aguas abajo sigue la vertical, mientras que el de aguas arriba se aparta un poco de ésta, dando finalmente una sección ligeramente trapecial a la pantalla

El problema principal -bien conocido en la actualidad- de una presa de las características indicadas es su inestabilidad a embalse vacío: una pantalla tan esbelta como la de Alcantarilla difícilmente resiste el empuje del terraplén en tales circunstancias y menos aún cuando está saturado, situación que puede presentarse por filtraciones a través de la pantalla o por vertidos sobre coronación. De hecho la presa rompió con seguridad por empuje del terraplén, pues la pantalla está volcada hacia el embalse en todo el tramo central derruido, aunque algunos elementos aparecen ya aguas abajo, quizá arrastrados posteriormente. Es muy posible que la presa se derrumbase durante una avenida, ya que casi con seguridad no debía tener aliviadero, como no lo tienen Cornalvo ni Proserpina.

En la presa de Alcantarilla quedan restos de dos torres de toma, una en el punto más bajo de la cerrada y la otra situada en margen derecha y, por tanto, a mayor altura que la anterior. Ambas estaban adosadas al muro-pantalla aguas abajo y en la torre central la toma debía funcionar también como desagüe de fondo, ya que permite vaciar todo el embalse.

En resumen, la tipología adoptada por los romanos en la presa de Alcantarilla era, en principio, correcta, pero no se contó con dos factores fundamentales: las avenidas del Guajaraz y la falta de capacidad resistente de la pantalla frente al empuje del terraplén a embalse vacío. Proserpina, cuya estructura se ajusta a idéntica tipología, introdujo sin embargo, algunas mejoras, al igual que en Cornalvo. Por ello lo más probable es que Alcantarilla sea la más antigua de las tres grandes presas del centro-oeste peninsular. En este caso no resultaron suficientes las tomas o desagües para manejar el embalse sin un aliviadero como en Proserpina y Cornalvo, ya que la cuenca receptora propia es mayor.

Volviendo sobre la cuenca del Ebro, la siguiente presa en orden de importancia (si es que es posible



Fig. 7. Paramento de aguas abajo de la presa romana de Muel, sobre la que se levanta la iglesia de Nuestra Señora de las Fuentes (siglo XVIII). El antiguo embalse de la presa está totalmente aterrado y el río Huerva ha huido hacia un nuevo cauce. Las filtraciones a través del cuerpo de presa, probablemente a través del antiguo desagüe, se recogen en un estanque moderno adosado al paramento de aguas abajo de la presa.

establecer este orden, siempre subjetivo), sería la de **Muel**. Esta obra posee un gran interés, ya que podría formar parte de uno de los tres (o quizá cuatro) sistemas de abastecimiento romanos a *Caesaraugusta*. El embalse que formaba en el río Huerva está completamente aterrado. Se observa, no obstante, toda la fábrica del paramento de aguas abajo, que tiene una altura de casi 13 metros. Esta fábrica es de sillaría almohadillada (se observa en las piezas mejor conservadas), con hiladas de unos 60 cm de altura en las que en general los sillares están dispuestos a soga, aunque hay algunas donde se sitúan a tizón. Su estructura interna cuenta con un elemento impermeable en su interior (núcleo de *opus caementicium*). El espesor de la fábrica es variable, siendo mayor en la parte inferior de la obra, según recientes estudios, por la probable existencia de un paramento escalonado aguas arriba. Al relacionarse esta presa con el abastecimiento a *Caesaraugusta*, podría haberse construido en época temprana de época de Augusto, pues la fábrica del paramento se ajustaría bien a este período.

Una nueva presa de gran importancia en la cuenca del Ebro, es la de la **Ermida de la Virgen del Pilar**, en el río Santa María, afluente del Aguasvivas. Se trata de una presa de gravedad formada por una pantalla compleja que se construyó en dos etapas. Se conserva tan sólo la parte de la estructura situada en la zona más alta de la margen izquierda, donde se puede ob-



Fig. 8. Detalle del paramento de aguas abajo del estribo izquierdo de la presa de la Ermita Virgen del Pilar donde se aprecia la fábrica de sillaría del revestimiento en primer término, así como parte del opus caementicium de la pantalla impermeable sobresaliendo en la parte superior, a partir de la línea que separa las dos etapas constructivas de la presa.

servar una sucesión heterogénea de fábricas que permiten explicar una construcción en dos fases, y también el recrecimiento final de la estructura.

El espesor total de la presa es de tan sólo 6,90 m, que para su altura máxima de 16,70 m, conduce a una clara situación de inestabilidad. De hecho, la presa se rompió con total probabilidad por esta causa, aunque no muy pronto, pues los sedimentos del embalse alcanzaron bastante espesor, según se observa sobre la ladera, aguas arriba de la presa. Por su estructura pudo haberse construido siguiendo el modelo



Fig. 9. Vista general de la presa de La Pared de los Moros desde el estribo izquierdo aguas abajo. Al pie, arranque de la galería de la toma de esta margen.

de Almonacid, aunque la calidad de su fábrica exterior sea inferior a ésta. Sobre esta presa, aún poco estudiada, aún no ha podido establecerse su funcionalidad original.

La presa de **La Pared de los Moros** se ajusta al modelo de muro pantalla. Se localiza cerca de Muniesa (Teruel), en un cauce secundario, el arroyo Farlán, afluente derecho del río Aguasvivas, que a su vez lo es del Ebro, también por la margen derecha. La presa formaba inicialmente un embalse de unos 150.000 metros cúbicos de capacidad y en la actualidad tiene un gran hueco en su sector central, en coincidencia con la zona más profunda de la cerrada. Las características de la fábrica –en general poco cuidada– y su trazado en planta, algo sinuoso (se adapta a la disposición de los afloramientos de caliza de la zona), hacen pensar que se trate de una obra romana tardía de carácter rural, quizá dedicada al regadío.

La estructura tiene casi ocho metros y medio de altura máxima y una longitud en coronación de los setenta metros. Su tipología es la ya indicada: un único muro de casi tres metros de espesor, constituido por dos paños de mampostería recibida con mortero de cal (*opus incaertum*) y un núcleo de *opus caementicium*. La presa tiene dos tomas, una en cada margen del arroyo, constituidas en ambos casos por sistemas de torre y galería. Las torres se adosaban, hacia aguas arriba, al núcleo de hormigón de la estructura y debían estar construidas con muros de sillaría –hoy desaparecidos–, pues en el hormigón se conservan huellas de los sillares. El defecto básico de esta estructura



Fig. 10. Vista general de la presa de Consuegra desde la zona central aguas abajo. Detalle de los contrafuertes desde este paramento de la presa, con un remate en primer plano que denotaría un posible terraplén.

es su extrema esbeltez. Con una geometría tan arriesgada cabría esperar la presencia de un terraplén de tierras aguas abajo, pero los materiales presentes no han permitido detectar restos de ese posible complemento estructural, lo que probablemente originó el colapso de la estructura.

La última obra de mayor importancia dentro de las presas romanas estudiadas, es la presa de **Consuegra**, situada asimismo en el mediodía hispano, dentro de la cuenca del río Guadiana, aunque alejada de las conocidas presas ubicadas en el tramo medio de esta cuenca. Se trata en apariencia de una presa de contrafuertes, tipología propia de obras menores, aunque en este caso aplicada a una obra de gran importancia: más de 700 m de longitud, con una altura eso sí, algo más modesta, de 4,80 m.

La presa de Consuegra consta de un muro-pantalla aguas arriba, numerosos contrafuertes y quizá un terraplén aguas abajo, del que no han quedado restos, aunque se adivina su existencia en el remate de refuerzo de los chaflanes interiores entre los contrafuertes y la pantalla. Consta asimismo de una galería de desagüe profundo en el tramo medio del muro que sobresale notablemente de la pantalla, lo que hace asimismo pensar en la existencia de un antiguo relleno que haya sido eliminado posteriormente, quizá por las actividades de labor agrícola desarrolladas aguas abajo. Esta presa no ha sido aún estudiada a fondo, aunque por su situación podría relacionarse con el abastecimiento a la antigua *Consaburum*, así como con un posible aprovechamiento para riego.

Otras presas

En las obras menores los romanos mantuvieron con cierta frecuencia las tipologías descritas para las grandes presas, aunque generalmente simplificaron estas soluciones, e incluso adoptaron otras distintas. El muro-pantalla, por ejemplo se redujo en muchos casos a una pantalla simple formada por un único paño, de mayor o menor espesor, de *opus incaertum*. Con esta solución las fugas de agua resultarían, con seguridad, mayores que las que determinaría una fábrica de *opus caementicium*, pero este problema sería admisible en la mayor parte de obras de baja altura. En el caso de la presa del Paredón se solucionó el problema aplicando un revestimiento de mortero sobre el paramento de aguas arriba.



Fig. 11. Vista del paramento de aguas arriba de la presa de El Paredón, donde se aprecian la reciente rotura de la pantalla rota en su parte central, así como la huella sobre ésta de los restos del revoco de opus signinum a la derecha.

En esta obra, el recubrimiento consta de tres capas: la más próxima al muro es muy rica en cal, la intermedia es un mortero con algunos áridos cerámicos y la exterior posee un alto contenido de ladrillo machacado. Es decir, se trata en esencia de un *opus sig-*



Fig. 12. Vista de la presa de Las Tomas desde la zona del estribo izquierdo, con detalle de su pantalla.



Fig. 13. Vista general desde aguas abajo de la presa de Araya, donde se aprecian los contrafuertes adosados a este paramento en la zona del desagüe.

ninum del tipo del que emplearon los romanos para revestir e impermeabilizar canales y depósitos. El modelo de presa de materiales sueltos con pantalla aguas arriba se repite también, en algunos casos con los necesarios contrafuertes aguas arriba, como ocurre en Las Tomas (Guadiana) o el Paerón I (Tajo).

Una solución muy usada en estas estructuras menores es la presa de contrafuertes, formada por un muro-pantalla, una pantalla simple o arcos múltiples, que se apoyan en los contrafuertes, situados aguas abajo. Como ejemplo de esta tipología se ha mencionado anteriormente la presa de Consuegra. Similar a esta presa -aunque sin terraplén- es la de Araya y otra con arcos múltiples es la de Esparragalejo, ambas próximas a Mérida. En la cuenca del Ebro destaca, entre las presas de esta tipología, la de Villafranca, con 150 m de longitud y también poca altura (3,0 m).

Una tipología original, pues sólo disponemos de un ejemplo, es la de gravedad con planta curva, o arco gravedad. De este tipo es la presa de Puy Foradado, en el importante sistema hidráulico de Los Bañales (cuenca del Ebro). Se trata de una estructura de planta circular, con unos 56 m de desarrollo y poca altura (unos 2,0 m), que servía de azud de derivación en el indicado sistema. El paramento de aguas arriba está

formado por cuatro hiladas de sillares, única fábrica visible en la actualidad, pues el embalse está completamente aterrado.

Una última presa que conviene también recordar, pues su estructura es un tanto peculiar, es la de Iturranduz, en la cabecera del abastecimiento de agua romano a la ciudad de Andelos (cuenca del Ebro). Es una presa doble o, mejor, duplicada, ya que son dos las estructuras que se conservan, una probablemente del siglo II, y la otra tardía (s. III o IV). La más antigua se sitúa aguas abajo de la otra y era una pantalla de más de cien metros de longitud, casi un metro de espesor y algo más de cuatro metros de altura (según los restos que ahora se conservan), que se apoyaba hacia aguas abajo sobre nueve contrafuertes de sección cuadrada y 2,50 m de lado. La fábrica en su conjunto es de hormigón de cal (*opus caementicium*) y en ella se observan las huellas del encofrado de madera que se empleó para su construcción, por lo que no debió tener revestimiento exterior. La segunda estructura es también una pantalla simple con contrafuertes, aunque en este caso tales elementos se situaron hacia aguas arriba. La longitud de esta pantalla es mayor que la anterior (unos 150 m), aunque el espesor es menor (65 cm); su altura es difícil de precisar,

Pantalla plástica



DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS



- Material: bentonita-cemento
- Sistema de perforación mixto
- Terreno: margas y margo-calizas yesíferas hasta 40-50 Kg/cm²
- Superficie aproximada 4.275,00 m²
- Profundidad media 25,00 m

Serrano Anguita, 10 - 3º DCHA.
28004 Madrid
Tel.: 914 44 53 72
Fax: 914 46 99 89
E-mail: terrabauer@terrabauer.com



Miembro de
ATES



Fig 14. Vista desde coronación de la presa de Andelos o Iturranduz, donde se aprecia claramente la diferencia de aparejo entre las dos presas de Iturranduz, la del paramento de aguas abajo y del de aguas arriba. Se ve asimismo en el centro de la foto, el resto de la torre de toma correspondiente a su segunda etapa constructiva.

pero no debía superar la de la otra estructura. La pantalla se apoya en un número impreciso de contrafuertes, que, por los restos observables, podrían ser más de quince. La fábrica en este caso es una mampostería recibida con mortero de cal y dispuesta en hiladas (*opus vittatum*). Por su posición en el terreno esta segunda estructura debió plantearse como un refuerzo o reparación de la primera, pues el espacio entre ambas se debió rellenar de tierras (que fueron extraídas cuando se excavó la obra). En esta segunda presa se conservan restos de una torre de toma, donde tenía su origen la conducción hasta Andelos.

Conclusiones

- I) Se ha localizado un total de 73 presas de probable construcción original romana en todo el territorio español. De ellas, 45 poseen origen romano comprobado, mientras que el resto se trata de obras que por su situación, tipo de fábrica u otras razones, se puede pensar que tengan origen romano.
- II) Del total de presas de origen romano comprobado, 20 se trata de presas de embalse, mientras que el resto son azudes de derivación. Un 18 % aproximado del total de obras finalmente catalogadas como romanas (un 40 % del total del grupo de presas de embalse), podrían considerarse grandes presas con los criterios actuales.
- III) Según dataciones conocidas, las obras más importantes y de mayor entidad fueron construidas durante el primer periodo imperial (hasta el II d.C.). En época bajoimperial (siglos II al IV d.C.) son en cambio más abundantes las obras menores. Sin embargo, la construcción de presas parece que se mantuvo vigente con igual intensidad a lo largo de todo el periodo romano.
- IV) Hay una importante polarización en lo que se refiere a la situación de las presas romanas en Hispania. La mayor parte de ellas fueron construidas alrededor de tres núcleos principales: Mérida, Toledo y Zaragoza, tal y como hasta ahora ya se apuntaba, lo que tendría que ver con la importancia política y administrativa de estas ciudades en la antigüedad. Sin embargo, existen nuevas localizaciones hasta ahora inéditas que amplían estos focos.
- V) Es de destacar un claro condicionante geográfico e hidrológico para la construcción de presas romanas en la Península, ya que la distribución de las obras no es homogénea a lo largo de todo el territorio. De todas las posibles obras romanas, 27 (el 37 % de las 73) se encuentran en la cuenca del Guadiana, otras 23 (el 31 %) pertenecen a la cuenca del Ebro, mientras que hay otras 8 (un 11

%) en la cuenca del Tajo. Las 15 restantes (21 % del total), se reparten entre el Duero, Guadalquivir y cuencas levantinas y catalanas. Este hecho viene originado en parte por el propio régimen de los ríos hispanos, aunque podrían existir otras causas, políticas o administrativas, que influyeran en la irregular distribución de las obras que nos ocupan.

VI) Es posible distinguir una clara evolución en las grandes presas romanas a lo largo del tiempo por lo que se refiere a tipologías y a emplazamientos buscados para su construcción. Con los datos existentes hasta el momento, las presas aragonesas parecen ser anteriores a las del interior peninsular. Así, parece que se pasó de la tipología tradicional romana de simple muro compuesto con un núcleo central impermeable, a una nueva tipología, la de pantalla + terraplén, tomada quizá de las culturas hidráulicas orientales. Por otro lado, las primeras presas son construidas en ríos más o menos importantes, mientras que posteriormente se buscan emplazamientos próximos a las cabeceras de los ríos, o en cauces con cuencas muy reducidas y aportaciones que pueden ser complementadas mediante trasvases de cuencas vecinas.

A pesar de que las grandes presas suponen un relativamente pequeño porcentaje del total de presas romanas en España, su importancia nos permite extraer conclusiones para el resto de obras, ya que además se ha comprobado cómo los avances técnicos logrados en éstas fueron

posteriormente aplicados a las presas de menor entidad.

VII) La técnica constructiva de presas no se encontraba totalmente desarrollada en época romana, denotándose un desarrollo gradual a base de un simple método de "prueba y error", que permitió un paulatino perfeccionamiento de los criterios técnicos. Esta sería la razón de la ruina de la mayor parte de las grandes presas conocidas, y de que prácticamente todas posean alguna reparación, que en muchos casos data de la propia época romana.

VIII) Los materiales empleados por los romanos en la construcción de sus presas son muy diversos, aunque por lo general suelen ser extraídos en las inmediaciones de las propias obras. Podemos encontrar obras realizadas en granito, caliza, arenisca, etc., tanto en las piezas de su fábrica como en los áridos utilizados en la composición del hormigón, cuya compacidad y resistencia suele sin embargo alcanzarse con independencia del material empleado.

IX) Hispania fue favorecida en gran medida por la técnica hidráulica romana, de tal manera que ésta fue retomada por realizaciones muy posteriores a esta época que permitieron mantener a lo largo del tiempo un nivel muy alto en lo que se refiere a construcción de presas. De esta manera, se observan características heredadas de las presas romanas en las grandes realizaciones hidráulicas españolas de los siglos XVI, XVII y posteriores. ♦

Referencias:

-ARANDA F., CARROBLES J. y ISABEL J.L.: *El sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo*. Diputación Provincial de Toledo. Toledo, 1997.
-ARANDA F., S. CARCABOSO J.L, RODRIGUEZ G, ET AL.: *Las presas de abastecimiento en el marco de la Ingeniería Hidráulica romana. Los casos de Proserpina y Cornalbo*. Congreso Ingeniería romana. Astorga, 2006.
-ARENILLAS M., MARTIN MORALES J. y ALCARAZ A.: *Nuevos datos sobre la presa de Proserpina*. Revista de Obras Públicas, junio 1992.
-ARENILLAS M., DIAZ C., CORTÉS R. ET AL.: *La presa de Almonacid de La Cuba (del mundo romano a la Ilustración en la cuenca del río Aguasvivas)*. Gobierno de Aragón / MOPTMA. Madrid, 1996.
-ARENILLAS M., CASTILLO J.C.: *Dams from the Roman Era in Spain. Analysis of design forms*. Actas

1st. International Congress on Construction History, Madrid, 2003.
-ARENILLAS M., HERESA I., CASTILLO J.C, PINTOR Mº C., DIAZ C., CORTÉS R: *La presa romana de Muel en el río Huerva (Zaragoza)*. Actas IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Cádiz, 2005.
-ARENILLAS M.: *Dams in Spain (Ancient Dams)*. Comité nacional Español de Grandes Presas - Colegio de I.C.C.P. Colección Ciencias, Humanidades e Ingeniería nº 81. Madrid, 2006.
-CABALLERO ZOREDA L. y SÁNCHEZ-PALENCIA F.J.: *Presas romanas y datos sobre poblamiento romano y medieval en la provincia de Toledo*. Noticiario Arqueológico Hispánico. 1982.
-CASTILLO J.C. y ARENILLAS M.: *Las presas romanas en España. Propuesta de Inventario*; I Congreso Nacional de Historia de las Presas. Mérida, noviembre 2000.
-FERNÁNDEZ CASADO C.: *Las presas romanas en España*. Revista de Obras Públicas. Madrid, junio 1961.

-FERNÁNDEZ CASADO C.: *Acueductos romanos en España*. Instituto Eduardo Torroja. Madrid, 1972.
-FONT TULLOT I.: *Historia del clima en España*. Madrid, 1988.
-MOPU: *Guía de los ríos de España*. Revista de Ministerios de Obras Públicas y Urbanismo, nº 378. Madrid, julio-agosto 1990.
-PANIMOLLE G.: *Gli acquedotti di Roma antica*; Roma, 1984.
-SCHNITTER N.J.: *Dams. The useful pyramids*.
-SMITH N.: *El patrimonio de las presas españolas*. Comité Nacional de Grandes Presas. Madrid, 1970.
-VARIOS AUTORES: *Historia del abastecimiento y usos del agua en la ciudad de Toledo*. Confederación Hidrográfica del Tajo. Madrid, 1999.
-VENTURA VILLANUEVA A.: *El abastecimiento de agua a la Córdoba romana. I y II*. Universidad de Córdoba. Córdoba, 1993 y 1996.