

III. PRESAS Y CANALES DE RIEGO EN LOS SIGLOS XVI Y XVII

Por

Antonio López Gómez (*)

Introducción

Los viejos canales y presas constituyen una aportación española excepcional a los sistemas de utilización del agua. Aparte de autores como Llaguno y Ceán, Llauradó o Alzola, diversos extranjeros estudiaron esas obras como modelo en su tiempo: Aymard, Marckham, Brunhes, etc. Enhiestas y en uso todavía se hallan algunas del **xvi** como las de Tibi, Almansa y Ontígola, lo que parece increíble; otras están arruinadas o inútiles; constituyen todas un conjunto sin igual en Europa. Nos ceñimos aquí a las obras de regadío del **xvi** y **xvii**; la mayoría son del **xvi**, respondiendo al auge de ese siglo y disminuyen o cesan en el **xvii**, salvo en Valencia donde prosiguen, quizás por mejores condiciones económicas, mayor necesidad y efectos de difusión.

(*) Universidad Autónoma de Madrid.

Se realizan por la Corona o por los sitios interesados, aunque recibieron en éstos el apoyo real mediante cesión de los diezmos originados por los nuevos riegos. Presentan las presas técnicas, a veces de gran originalidad, en rápido desarrollo y se hallan en lugares muy distintos. Todo ello puede determinar su estudio según enfoques muy variados; aquí seguimos un criterio esencialmente espacial, considerando una serie de grupos. No podemos analizar los aspectos naturales, reparto del agua, cultivos, etc., y nos hemos de limitar a la reseña de las obras, sus tipos y evolución como introducción a la geografía histórica del regadío en aquellos siglos. Otros temas importantes que no se pueden considerar aquí son los proyectos e intentos de vías navegables de gran ambición o el uso para fuerza motriz en molinos, especialmente en Extremadura o las acequias del Turia, y diversas industrias (30; 68; 40).

En los ríos principales las técnicas de la época no permitían la construcción de embalses (no se hacen hasta nuestro siglo) o no eran necesarios; en cambio son factibles las presas de derivación o azudes, de baja altura, con largos canales. Casos señalados son los de Aranjuez, y, sobre todo, en el Ebro; esencialmente siguen modelos romano-medievales (islámicos y cristianos) en que destacan las tierras mediterráneas.

En cambio en los ríos pequeños, de caudales escasos e irregulares, son necesarios y posibles los auténticos embalses para recoger las aguas altas invernales y se realizan grandes presas con ese fin. Embalses romanos de hasta 20 m. de altura hay muchos y algunos de los mayores bien conservados como los de Mérida; en los siglos medievales hay una interrupción debida a varias causas: olvido o abandono de las técnicas y falta de impulso o de cohesión politicosocial para tales obras. El gran cambio que significa la época Moderna se manifiesta también en las obras hidráulicas, en buena medida por el Renacimiento arquitectónico con el estudio de las obras romanas.

Presas y canales romanos y medievales

Su carácter de antecedente en ciertos casos exige una consideración aunque sea muy breve. Las presas romanas, en ríos pequeños, son de gran longitud ya que se alzan en vaguadas amplias, forman a manera de estanques colosales, (27; 29). Tres destacan por el volumen y su finalidad era el abastecimiento urbano. La más antigua (¿siglo II a. C.?) es la de Alcantailla, cerca de Mazarambroz, al S. de Toledo, con largo canal de 50 Km para la ciudad. Es un muro de 557 m de largo con tres alineaciones, 17 m de altura y 6 de ancho en la cimentación, de hormigón y manpostería cubiertos de sillares aguas arriba y gran espaldón de tierra detrás; en la zona central lleva unos contrafuertes para resistir el empuje del espaldón a embalse vacío.

Las dos de Mérida deben ser de la época de Trajano (siglo II d. C.). La de Carija o Proserpina, con diversos arreglos desde el siglo XVII, es parecida, poligonal, de 427 m de longitud y 18 de altura, con esbeltos contrafuertes delante y espaldón detrás, toma de agua mediante dos torres y aliviadero natural y dos desagües, uno cegado y otro de fondo (uno quizás del XVII). La de Cornalbo, con una sola alineación de 220 m por 21 m de altura, es más compleja; además del espaldón de tierra detrás tiene otro delante con dos muros más bajos y otros transversales, con relleno de arcilla; otra originalidad es la toma de agua mediante torre exenta.

Otras presas son de menos altura, con muros de hormigón de 4-6 m y siempre gran longitud. Entre ellas destacan el tipo de contrafuertes aguas abajo, como las de Esparragalejo (con reparaciones, bien conservada) y Araya, cerca de Mérida, de 139 y 320 m de largo; la de Consuegra, la más larga de todas, con 636 m o las cinco, también toledanas, de Melque, la de Iturránduz (Navarra), etc. No falta una pequeña, cerca de Iznalloz (Granada), de vertedero y planta curva, a la que nos referimos después con más detalle.

Numerosos son los canales para ciudades y también para riegos. Ejemplos notables son el abastecimiento de Segóbriga (cerca de Saelices) en Cuenca; el de Cella, cerca de Albarra-cín, para riegos; el de Tarragona, al cual pertenece el acueducto de las Ferreras; en Mérida el de Proserpina de 10 Km (30), los diversos valencianos (51), etc. No podemos entrar aquí en la vieja polémica sobre el origen de los riegos levantinos; los notables azudes del Turia y Segura se consideran romanos en su origen en el catálogo de Fernández Ordóñez, aunque rehechos y reparados en muchas ocasiones (29). Restos indudables de presas y canales romanos se encuentran en el borde de la Plana de Castellón, en el Palancia, en el Turia, en Ribarroja y Manises, en Elche, etc., como pusimos de manifiesto en otro lugar (51). La esencial obra islámica sería el desarrollo de estos regadíos y sobre todo la intensificación e introducción de cultivos nuevos. Sin embargo, todavía hoy Norman Smith supone de esta época los azudes del Turia y Segura, sin pruebas evidentes, y también seguramente la presa en zigzag en Córdoba cerca del puente romano (70). Pueden serlo también algunas obras menores, por ejemplo, según Butzer, la presa inicial de Chóvar (Castellón) con varios recrecimientos posteriores (incluso de nuestro siglo) y contrafuertes añadidos quizás en el siglo xiv (15). Otros puntos de vista se han expuesto recientemente, así como la relación con los hechos morfológicos (16; 60).

Pertenecen ya a la España cristiana algunos azudes de vertedero especialmente en Cataluña, bajos (2 a 3 m) pero de bastante longitud (100 a 300 m) (29, pp. 9-14); son anchos y de perfil muy tendido en triángulo isósceles o rectángulo, con pilotes de madera y relleno de escollera a veces aglomerado con cal. En el Llobregat se encuentran, cerca de Molins del Rey, el de Capdevila y el de Ferrer y Nora (casi destruidos); aguas arriba de Manresa el de Balsareny, iniciado en 1339 por Guillem de Catá, hormigonado en 1952, y en buen estado. El sistema de pilotaje con maderos prosigue en el xvi en los azudes de Aranjuez o el Imperial del Ebro y aún en el

xviii en la gran presa de Puentes, aunque allí con nefastos resultados. Para almacenamiento sólo se hacen grandes estanques, como los de Loreto y Cortes en Huesca (1).

En cambio las presas de embalse supuestas medievales deben ser ya renacentistas. La primera atribución de las aragonesas del Arquillo de San Blas y, sobre todo, de Almonacid de la Cuba, sin pruebas documentales, nos parece muy discutible. La de Almansa, datada habitualmente en 1384, incluso en obras recientes (29; 71), es, sin la menor duda, de la segunda mitad del xvi.

Canales medievales notables son, por ejemplo, el de Piñana en Lérida, obra de Pedro Raimundo de Sassala, prolongando en el siglo xii otro anterior. Sobre todos destaca la primera sección de la Acequia Real del Júcar, entre 1258-69, por los maestros Bongill y Arnaldo Vidal, el segundo tramo es del xviii.

Presas de los siglos xvi y xvii

Las presas de embalse, de manpostería y generalmente recubiertas de sillares, de varias decenas de metros, en una cerrada estrecha y en algunas las grandes novedades de la planta curva y sistema de limpia de fangos, son una decisiva aportación de los tiempos modernos. Esa técnica, muy depurada, aparece pujante en España en la segunda mitad del siglo xvi, en relación con las grandes obras que se realizan en tiempos de Felipe II.

No se puede atribuir, por ahora, a una personalidad en particular, sino a un conjunto de figuras en relación con el desarrollo de la arquitectura y la ingeniería, entonces muy ligadas. Se citan siempre españoles e italianos como Juan Bautista de Toledo o Juan de Herrera, en relación con la

(1) La primera del siglo xiii con 71.000 m³, la segunda del xiv con 80.000.

presa de Ontígola, a Juanelo Turriano, los Antonelli y el mismo Herrera respecto a la alicantina de Tibi, sin embargo su actuación parece ser menos de lo que se pensaba. En cambio hay maestros regionales o locales, antes desconocidos o poco menos, cuya intervención se revela decisiva, como Sánchez y otros en Ontígola, Izquierdo en Tibi, Aguirre en Almansa, Temple en ésta y en la de Elche, así como Becerra y Cabrera en las extremeñas, Morlanes en el canal Imperial, etc.

Ignoramos cómo se produce en España el estudio teórico que tan brillantes ejemplos muestra en la realidad y llevan a un especialista como Norman Smith a decir que «Spain was the birth-place of modern dam building» (71, p. 32). En el famoso tratado manuscrito de la Biblioteca Nacional, antes atribuido a Juanelo, que otros piensan se debe al aragonés Pedro Juan de Lastanosa o al italiano Sittoni (32; 33), el libro 9.º, dedicado a azudes y presa, se refiere más a obras de derivación que de embalse, aunque estudia aliviaderos, perfiles de curva tendida para aminorar la caída del agua, plantas rectas, en ángulo o curvas, que estima de gran resistencia, aparecen contrafuertes pero son pequeños y más bien para encajar maderos que cierran aberturas inferiores, etc.; no figuran cálculos (73; 74).

Las construcciones españolas significan, efectivamente, una etapa nueva. En una primera época se construyen ahora presas rectas o poligonales como la extremeña de Albuhera del Castellar o la de Granjilla II en el Escorial, con espaldón de tierra todavía; también varios azudes muy notable pero con pilotaje de madera, como el Imperial para el canal de dicho nombre, en el Ebro, o los de Valdajos y El Embocador en el Tajo, en Aranjuez.

En el último tercio del siglo XVI comienza otra etapa con dos tipos de presas, las rectas de contrafuertes y las de arco, éstas de gran novedad. Entre las primeras destaca la de Ontígola y un par de extremeñas; las otras, además de la originalidad de la planta curva, tienen sistema de limpia de fangos, son las de Almansa y Tibi, ambas, así como el proyecto de

Elche suponen un gran avance y son de capacidad mayor e inician una nueva generación.

En el xvii, además de una fallida en el Guadalentín, se realizan seis en Valencia, de tipo y suerte muy distintos. De planta recta y destruidas, la vieja de Elda (la actual es del xix), la de Onteniente (se conserva la parte baja) y la de Alcora; aterrada totalmente la de Petrel. Sobre ellas destacan sobremanera otras dos, la de Elche (reconstruida en el xix) y la de Relleu (aterrada), ésta de bóveda, aquella prácticamente también. En otras regiones se pueden citar las de Pulgar o Moguer, al SW de Tudela, la de Arguís en Huesca y la de Albuhera de Casabaya en Jerez de los Caballeros (Cáceres) (2).

Es conveniente examinar con más detalle algunos rasgos de la estructura para comprender mejor la gran evolución que tiene lugar en esos siglos y el significado especial de algunas obras, como ya indicamos en otros trabajos (49; 50; 52; 53; 54).

Presas rectas.— Las presas de planta recta o poligonal corresponden al tipo de gravedad, el más antiguo, en el cual el empuje horizontal del agua es contrarrestado por el vertical de la masa del muro; para la estabilidad es preciso que la componente de las citadas fuerzas, oblicua hacia aguas abajo, alcance la base en el tercio intermedio. Por tanto el muro debe ser allí muy grueso, pero arriba se puede aligerar en forma de talud o en escalones en la parte de aguas abajo, mientras que la otra es vertical o poco menos; es decir, un perfil en trapecoide. Se puede también obtener resistencia suficiente con muro vertical, no muy alto, mediante refuerzos de dos tipos: uno es adosando aguas abajo un espaldón de tierra, como en las grandes presas romanas ya citadas; este sistema reaparece en el xvi en la Granjilla II de El Escorial y

(2) El molino adosado es del xviii (29, p. 263), por esa función no se estudia aquí.

se mantiene en la inmediata Granjilla I del xvii. Otra forma es mediante contrafuertes, como en algunas romanas menores; se vuelve a emplear en el xvi en Ontígola y algunas extremeñas de parecida altura, hasta unos 10 m. En cambio las valencianas de Elda y Onteniente, del xvii, sin contrafuertes y quizás de insuficiente grosor, se arruinaron; en la de Petrel el paramento de aguas abajo está ligeramente inclinado y se ha mantenido, quizás por su pronto relleno.

En cuanto al muro, en los azudes bajos del Ebro y Tajo, el núcleo es de escollera, con pilotes de madera como los medievales. Las presas de embalse suelen ser de mampostería y muchas veces con recubrimiento de sillares, aunque no falta algún ejemplo de relleno de tierra, eco de las romanas grandes, así es la de Ontígola y se repite mucho más tarde, en el xviii en la gigante de Guadarrana, pero allí con nefastos resultados.

Presas curvas.—Mucho más avanzada es la presa de planta curva, sin duda la gran innovación de la época. El empuje del agua se transmite también, por el efecto de arco, a los estribos apoyados en las márgenes que han de ser sólidas. Según N. Smith hay razones para creer que la presa romana de Glanum (cerca del actual St. Rémy, en Provence) tenía esa forma y en el siglo V Procopio dice que era así la de Daras. En España es curva la pequeña de vertedero de Barcinas, cerca de Iznalloz (Granada), probablemente de los siglos ii-iii, aunque no se perseguía efecto de arco sino aumento en la lámina de vertido (29, p. 57) (3). En arco es la de Kebar, en Irán, fechada en 1300 y considerada la más antigua conocida (71, p. 15); sin embargo no hay motivos para pensar que sirviera de precedente para nuestros tipos de presa en arco, auténtico orgullo de la técnica hispana que se

(3) Una forma mixta, como posible anticipo de la función del arco, es la planta recta con contrafuertes, pero éstos unidos por arcos tumbados, como la de Esparragalejo, cerca de Mérida, o los restos de la más pequeña cerca de Villarreal, en la Plana de Castellón (29; 51).

olvida con frecuencia. Desafortunadamente se ignora cómo surge esta idea, verdaderamente genial, de aplicar en las presas la teoría del arco, tumbado en este caso.

En las de gravedad con planta curva la estabilidad se halla muy mejorada por el efecto suplementario del arco. A este tipo inicial de la serie, corresponden, como verdaderas obras maestras, las de Almansa y Tibi. Al mismo debía pertenecer la más pequeña de Agost, cerca de Alicante, del XVIII, estudiada en otro lugar (52).

Más avanzado todavía es el tipo de presa-bóveda, de espesor uniforme, iniciado también en España a finales del XVI. La estabilidad se logra no por el equilibrio estático vertical, sino elástico, del conjunto de la obra, por el efecto de arco que transmite lateralmente el empuje a los apoyos, como en una bóveda y de ahí el nombre. El peso de la obra es llevado a los cimientos por gravedad, pero la distribución de la presión del agua entre el contrapeso vertical y la acción de arco depende de la rigidez del muro. Son adecuadas para cerradas angostas y permiten un espesor reducido. Algunos autores consideran ya de este tipo la de Elche, proyectada a finales del XVI, con lo cual sería la primera europea; olvidada generalmente es la San Juan, cerca de Alicante, bien fechada en ese siglo; mayor es la de Relleu, de 28 m., de finales del XVII o comienzos del XVIII, que ha estado en uso, aunque con grandes aterramientos, hasta hace unos decenios.

Desagües y aliviaderos.— Son cuestiones muy importantes, especialmente en los ríos levantinos de régimen irregular y violento. Se ha de evitar que en las crecidas el agua salte sobre la coronación, ya que el efecto de cascada puede socavar abajo o hendir por arriba, como ocurrió con la moderna de Tous hace unos años. Para ello son necesarios aliviaderos; ya los tenían algunas presas romanas, naturales en algún caso, en el muro la mayoría de las modernas. Se conocen, sin embargo, avenidas rebosando la coronación sin consecuencias, como ha ocurrido en Tibi, con cierta frecuencia en la nueva de Elche casi aterrada, etc.

Esencial es también el problema de las aguas turbias, muy cargadas de lodo, que muchas veces no se pueden desaprovechar y se embalsan. Para eliminar los depósitos que llegarían a enronar o colmar el vaso, como ha ocurrido en Petrel, se dispone un original sistema, elogiado por los tratadistas del XIX. Consiste en una galería de fondo para limpia (paralela a la de salida habitual); está cerrada con maderos que se van retirando hasta quedar al descubierto la masa compacta de tarquines, éstos empiezan a moverse lentamente y luego son arrastrados con violencia por el agua; la maniobra puede ser peligrosa y en algunas presas como en Elche y Relleu, se terminaba desde otra galería superior. En nuestro siglo en los dos embalses todavía en uso, Almansa y Tibi, se han instalado compuertas de manejo más fácil; en Relleu, ya abandonada, los depósitos llenan toda la obra antigua, en Elche falta poco.

Grupos de obras.— Teniendo en cuenta la tipología y situación consideramos tres grupos de obras: 1.º Madrileño. En los Reales Sitios de El Escorial y Aranjuez y sus cercanías, en directa relación con la Corona en varios casos y con técnicas aún primarias en las presas de espaldón de tierra o contrafuertes. 2.º Aragonés. Con dos tipos muy distintos, los canales Imperial y de Tauste y los embalses. 3.º Levantino. Lo forman la presa de Almansa y el extraordinario grupo valenciano, así como diversos azudes y canales. Como ya se apuntó prescindimos del notable grupo extremeño por su finalidad molinera.

Grupo madrileño

Incluimos en él las pequeñas presas de El Escorial, los azudes y canales del Tajo para la huerta de Aranjuez, el embalse de Ontígola, para los jardines y fuentes, y la acequia del Jarama.

Presas de la Granjilla en El Escorial.— La finca de «La Granjilla» (hoy particular), se utilizaba a mediados del XVI por los

jerónimos como sitio de descanso con el nombre de «La Fresneda»; entonces se realizan un convento, y un cuarto real con jardines y un gran estanque, el llamado del Granjilla II por estar aguas abajo de otro del XVII. Dirigió las obras un arquitecto holandés, probablemente Filippoo Spond, que es citado en los años 1588-90 (29, p. 197) (4). La presa es recta, de 5,5 m de altura, 250 de longitud y 10,10 en la coronación, es de tipo mixto con un muro de mampostería de 1,60 m en la coronación y gran espaldón de tierra de 10,60 m de anchura, la capacidad es 200.000 m³ y posee desagüe de fondo. Aguas arriba está la presa de Granjilla I, para 400.000 m³; tiene dos alineaciones con muy pequeño ángulo, 239 m de longitud, 13,5 de altura y 18 de ancho en la coronación. El muro es de mampostería, con espaldón de 17 m, de escollera recubierta de tierra; tiene dos desagües de fondo y aliviadero lateral. La toma del río Aulencia se realiza por un pequeño azud con un canal y tubería hasta el embalse. Forman parte del mismo conjunto las menores llamadas Granjilla III y IV (29, p. 196-203).

El Canal del Escorial, para abastecer el monasterio, por lo cual no se detalla aquí, mide 9 Km y se hace en el XVI, probablemente por los mismos autores de aquél (30, pp. 88-99).

Presas y canales del Tajo en Aranjuez.— El desarrollo de Aranjuez como Real Sitio en el siglo XVI exigía adecuada dotación de riego para las huertas y jardines. Para ello se realizan en tiempos de Carlos V dos presas en el Tajo y los canales correspondientes. La presa del Embocador, muy cerca de Aranjuez, aguas arriba, se ordena construir después de 1535; sufre serios daños a fines de dicho siglo, se reconstruye en 1700 y otras reparaciones se efectúan en el nuestro (3, p. 321; 29, pp.185-89). Mide 159 m de longitud,

(4) No hemos podido verificar la cita (sin pág.) de la Descripción de El Escorial de F. de los Santos (70). Este autor detalla la finca (entonces «La Fresneda») y los cuatro estanques, pero sin indicar fecha ni autor (70, p. 117-18). Lo repite Ximénez en el XVIII (77, p. 452).

con planta oblicua al cauce y ligera curva, pero la concavidad está hacia aguas arriba, por tanto no hay efecto de arco; la sección es un largo triángulo rectángulo con talud muy tendido, mide 21 m de anchura en la base reticular de largueros sobre pilotes de madera, el parámetro se ha hormigonado; tiene muchos depósitos y está recrecida con tablones entre puntales de hierro. En la década de los 20 se instala una central eléctrica que se abandona en los 60, pero se mantiene el edificio de ladrillo y la desviación con gran compuerta; la toma de riego de esta orilla se halla más arriba.

Aguas arriba, en el término de Villarrubia de Santiago, está la presa de Valdajos, es posterior a la otra. Un primer canal fue iniciado en 1529 por la villa de Colmenar de Oreja que no pudo afrontar los gastos y Felipe II concedió 30.000 ducados a cambio del quinto de los frutos y daría los diezmos al arzobispo de Toledo y Mesa maestral de Santiago. El proyecto y obras se encargan a Juan Francisco Siton, ingeniero real que parece flamenco (3, p. 325) (¿no será el italiano Sittoni?), interviene también Juan de Herrera, quien logra un gran ahorro según consta en una carta que copia Ponz (66, p. 810), por ello «aunque no sea el primer artífice del caz (5), fue el principal por las ideas y reformas que hizo» (3, p. 325). La Corona obtiene en 1579 los aumentos de diezmos y los «novales» por el nuevo riego, como antes en Aragón y también en Tibi. En las *Relaciones Topográficas* no hay de Aranjuez; en la de Villarrubia sólo se cita «una parada que se llama Valdajos» con tres ruedas de aceñas (molinos) en el río. La presa mide 125 m, es de planta algo curva con la convexidad aguas arriba pero actúa como de gravedad; el perfil es triangular, con 25 m en la base y 5 de altura. La estructura es un entramado de maderos, relleno de cantos y

(5) En Aranjuez es frecuente llamar «caz» al canal; para la presa no se emplea «azud», el femenino «azuda» se utiliza para las antiguas ruedas de paletas movidas por la corriente (54).

revestido de mampostería, con cementado y perfil curvos modernos (29, p. 170); en 1926 se hace un paso lateral para maderadas.

En el inmediato término de Villamanrique, aguas arriba, hay una presa con planta en V invertida; es de nuestro siglo, de los años 60, pero sustituyendo a otra en el mismo lugar, con pilotes, de época desconocida, para riego y un molino, también había una gran rueda de paletas (53, p. 484; 54, p. 51). En la presa del Embocador arrancan canales por ambas márgenes. En el N el «caz» de la Azuda, de 7,7 Km, que desemboca en el Jarama. En el S el de las Aves o Sotomayor, hoy con 40,2 Km; al tramo antiguo corresponden 14,6 Km, pasa en subterráneo por debajo de la ciudad y concluye aguas abajo de la Flamenca; siguen tramos modernos de los años 50 de nuestro siglo hasta el río Algodor.

En la presa de Valdajos se inicia por el N el canal de Colmenar o del Tajo, luego se divide en dos, de la Cola Baja, que termina en el río cerca del Embocador, y de la Cola Alta, cerca de los cerros, que concluye en el de la Azuda, enfrente de los jardines del Labrador.

El «mar» de Ontígola.— Con este nombre se conoce un embalse próximo a Aranjuez que se nutre de un arroyo; las aguas se destinaban esencialmente a fuentes y jardines. Representa, en nuestra opinión, el paso entre el modelo romano y el renacentista; al primero se parece por el relleno de tierra (que recuerda a la presa de Cornalbo), el uso de contrafuertes y la falta de galería de limpia; al segundo por el desarrollo de los contrafuertes y la falta de espaldón de tierra.

Mide 140 m de longitud por 6 de espesor y 10 de altura, con cinco grandes contrafuertes de 2,75 m de longitud. Los muros son de mampostería, de medio metro y el de aguas arriba posee pilastras interiores no visibles; entre ambos está el relleno de tierra. Cerca del ángulo NW hay un pequeño aliviadero cubierto, de dos vanos, hoy cegado. La capacidad

de 1 millón de m³ está muy disminuida por los depósitos; se intentaba reducir éstos mediante «dos balsas de decantación» aguas arriba que todavía aparecen en un plano de comienzos de nuestro siglo. El agua va luego a un estanque, el «Mar Chico», del XVIII, y de allí en tubería; apenas se usa ahora para algunas fuentes de la Isla y suele estar lleno, incluso rebosa algo con frecuencia y se estaba produciendo una hendidura, hace poco se ha dispuesto una tubería provisional a ese fin (29; 54; 70). Con aguaceros muy violentos el desbordamiento puede afectar a la ciudad, como ha ocurrido dos veces en septiembre de 1990.

Según la obra clásica de Alvarez de Quindós inicia la construcción Juan Bautista de Toledo —también el Palacio— con un malecón de tierra en 1561 y como «flaquease se hizo una pared de mampostería y cantería» con traza y dirección de Juan de Herrera; el asiento se celebra en 1568, y el coste es de casi cuatro millones de maravedíes. Investigaciones recientes de García Tapia y Rivera Blanco (33), revelan complejos avatares, realzan el papel del primer autor y añaden otros nombres, como el maestro de Aranjuez Juan de Castro y el flamenco Adrian Van del Mulse, que dirigen los trabajos, sustituidos luego por Francisco Sánchez y el holandés Pietre Jansen, con revisión por Toledo y Van der Mulde, casi acabada la obra en 1565. Pero no tenía contrafuertes y hubo un desplome parcial, entonces Sánchez planea aquéllos; fallecido Toledo en 1567 le sucede en Aranjuez su discípulo el calabrés Gerónimo Gili. Pero en 1568 se derrumba el muro de aguas arriba y Sánchez propone reforzarlo con unas pilastras, reanudando los trabajos «en el orden y condición hechos por Gili y Herrera», entonces es cuando se cita a éste. La obra estaba concluida en 1572 y al otro año se hacen las conclusiones.

El pequeño embalse de la Cavina, en un arroyo al S, es ya de 1770 y pronto derruido (1801). En otro sitio, un proyecto de Juan de Villanueva, en el mismo siglo, no llega a realizarse (54, pp. 40-45).

Grupo del Valle del Ebro

Consideramos en él dos subgrupos de finalidad muy distinta; uno está constituido por los canales Imperial y de Taus-te en el Ebro, el otro por los dos embalses, navarro y arago-nés, de Arquillo de San Blas y Almonacid de la Cuba, de fecha desconocida, pero probablemente de esta época, sobre todo el segundo, y el de Arguís bien datado en el XVII.

Embalses

Estanques de Tudela.— Tenemos escasas referencias de dos. El estanque o laguna de Lor, al N de Ablitas, utilizado para campos de Tudela y Pedriz. Según un pacto de 1545 pagarían por igual los gastos que se hiciesen en la laguna para una casilla con su tapón, con detalles sobre el reparto del agua (78, pp. 153-57).

La balsa de Moguer la construye Tudela para regar con los sobrantes del río Alhama, concedidos por sentencias de 1619 y 1623. En 1625 se señala el lugar, dictándose minucio-sas especificaciones sobre el agua. En 1704 se hacen obras por 2.300 ducados, en 1729 se indica el empleo de piedras para el puente del Ebro pero en 1783 se cita el aprovecha-miento del agua (78, pp. 24-26; 57, I, p.212).

Presa del Arquillo de San Blas.— Se encuentra en el Guadala-viar, cerca de San Blas, unos kilómetros aguas arriba de Teruel. La cerrada es muy angosta, por lo cual la longitud es de 7 m solamente, casi igual a la altura de 8 m. Consiste el núcleo en un relleno calizo entre dos muros verticales; el de arriba de mampostería y el otro, con cierta curvatura, de sillarejos. La presión del agua debió sifonar la arena del río y se produjo una rotura en el muro en forma de arco que da nombre a la presa; es posible que no llegara a utilizarse (29, p. 157).

Aparte de alguna atribución romana se ha pensado en época medieval, siglos XIII o XIV, cuando se hace la red de acequias en la vega de Teruel (29, p. 157). Sin embargo por la forma general podría pensarse en época posterior, aunque con reservas en espera de un estudio arqueológico o hallazgo de documentos. Otra moderna, de 1960, se halla 1 Km aguas arriba.

Presa de Almonacid de la Cuba.— Se halla en dicha localidad, cerca de Belchite, en el río Aguas Vivas, afluente del Ebro. Se le atribuye origen árabe o de la época de Jaime I, por ejemplo Madoz dice lo primero en un lugar y lo segundo en otro (58, t. 4, p. 122 y t. 2, p. 168); el significado de «cuba» como presa no aparece en los diccionarios. En los documentos de cesión del lugar, en 1431, se detallan las pertenencias, sin que figure la presa; sin embargo los nombres allí mencionados de Almocirio y Almonacid de la Cuba, supuesto posterior a la «cuba o presa, parece indicar que ya esta hecha» (29, p. 131). A falta de un estudio más preciso tal razón no es convincente; en cambio, por su tipo, se asemeja a las presas del XVI y XVII. El destino era para riegos, regulándose en 1622 los derechos de los vecinos de Belchite.

Se halla en una cerrada excelente, es de gravedad y tenía en origen 8 m de altura máxima y 177 de longitud; el núcleo es de cantos gruesos con mortero de cal y revestimiento de sillares bien tallados, el parámetro de arriba es vertical y el otro escalonado; tiene desagüe de fondo en galería y aliviadero natural en uno de los laterales. Esos caracteres coinciden con los de las presas modernas del XVI y XVII. A finales del XVIII se recrece, después de 1787, ya que en esa fecha hay un plano con las dimensiones originales; se aumenta a 30 m de altura y 104 de longitud y se ensancha aguas arriba; el aliviadero queda como desagüe a media altura y se hace otro de labio fijo. Las aguas se utilizaban aún a mediados del XIX, según Madoz, pero hoy el embalse está aterrado.

Presa de Arguís.— Se localiza en el río Isuela (subafluente del Cinca), a unos 20 Km al N de Huesca, para riegos en ésta. La insuficiencia de las viejas albercas de Loreto y Cortes motiva en 1656 un proyecto, por Francisco Antonio de Artigas, catedrático de matemáticas en Huesca, se aprueba la construcción en 1683 y se concluye en 1704. Se producen desperfectos y se hacen reparaciones en aquel siglo y el siguiente; por último en 1911 hace Manuel Lorenzo Pardo un proyecto de recrecimiento y mejora que no se realiza hasta 1938 (29, p. 169; 35, pp. 579-80; 58, t. 9, pp. 309-10).

La presa original es recta, de gravedad, en un estrecho, con 22,5 m de altura por 35 de longitud, 12,90 m de ancho en cimientos y 10,80 en coronación, parámetro de aguas arriba casi vertical y el otro con ligera inclinación, la capacidad es de un millón m³, es de mampostería revestida con bloques más regulares; el desagüe de fondo permite el vaciado y la toma de agua, con dos compuertas concéntricas; el aliviadero se abre en la roca. La presa actual es de semejante longitud, recrecimiento con hormigón ciclópeo y 28 m de altura y más del doble capacidad; se ha modificado el paramento de aguas abajo en talud y con pequeños contrafuertes superiores para la calzada, también nuevo aliviadero que vierte sobre el antiguo (29, p. 270).

Canales

Presa y Canal Imperial.— Después de diversos proyectos, en un concurso, en 1528 los maestros Gil de Morlanes, Juan de Monta y Juan de Sariñena proponen soluciones diversas, se acepta la del primero y al año siguiente Zaragoza cede a Carlos V el derecho de la acequia, por eso llamada Imperial; el monarca haría las obras percibiendo, por concesión del papa Clemente VII, los novales, diezmos y primicias de los nuevos riegos (17; 28, pp. 87-88; 57, II, pp. 358-61). Comienzan las obras en 1530 y duran diez años con la construcción del

azud, casa de compuertas –hoy palacio de Carlos V– y la acequia hasta el término de Garrapinillos. Felipe II ordena en 1566 que se hagan reconocimientos por Bernardo de Bolea y por el ingeniero italiano Juan Francisco Sittoni, pero las obras no continúan (66, p. 1.332).

La presa en Fontelles, aguas abajo de Tudela, es de gravedad, oblicua, de poca altura, 3,50 m, por 10-12 de ancha en la coronación y 338 de longitud; según los restos que quedan, la cimentación es una cuadrícula de 2 m de pilotes de madera y relleno de escollera. No corresponde estudiar aquí los avatares del XVIII hasta el nombramiento de Pignatelli que hace la nueva presa también de pilotes, esclusas y continuación del canal hasta Fuentes de Ebro, aguas abajo de Zaragoza.

Canal de Tauste.– Deriva también del Ebro, por la margen izquierda, en la presa de la Pesca, a 3 km abajo de Tudela. La primera acequia, llamada «del Ebro» se hace para Cabanillas y Fustiñana, que tenían viejos privilegios desde el siglo XIII; después, a solicitud de Tauste, Carlos V da autorización para prolongarla en 1529 y luego participación a Buñuel en 1538; una concordia de 1552 y 1557 establece el reparto de gastos. Con la prolongación pasa a llamarse «acequia de Tauste». En 1781 es incorporada a la Corona y Pignatelli, ya protector del Canal Imperial, amplía y prolonga el de Tauste (29, pp. 134-35; 57, II, pp.352-58; 58, t. 14, pp. 675-76).

Intentos de otros canales.– La insuficiencia de aguas para el riego de Huesca en el siglo XVII hace que la ciudad solicite permiso de Felipe IV para derivar aguas del Gállego, logrando el envío de dos ingenieros como comisionados regios, los cuales encuentran factible el proyecto, pero la falta de medios y la oposición de Zaragoza hacen sustituir este trasvase por el pantano de Arguís ya estudiado (35, p. 579).

Sobre algunos canales modernos también se pueden citar precedentes, por ejemplo para el de Urgel hay reconocimientos y nivelaciones en tiempos de Felipe II, en 1554 y 1576-77, e incluso algún intento por los pueblos en el XVII.

Asimismo para el de Aragón-Cataluña, en la época de Carlos V (29, pp. 302 y 286).

Grupo levantino

Bajo esta denominación incluimos, junto al extraordinario conjunto valenciano, la gran presa de Almansa, el primer intento de Puentes para el riego lorquino y la acequia de Churra la Nueva murciana. Lugar destacado corresponde a las presas de gravedad-arco de Almansa y Tibi; inmediatamente el primer intento de presa-bóveda de Elche y las de Relleu y San Juan de Alicante; después las de planta recta, arruinadas la mayoría (6). En cuanto a los azudes de derivación y canales de los grandes ríos la mayoría son muy complejos, sólo algunos pueden fecharse claramente en las dos centurias que estudiamos aquí.

Presas de gravedad-arco

Son las más antiguas, de finales del XVI, y de gran novedad técnica; se mantienen en uso todavía.

Presa de Almansa.— Se halla a 3,5 km de esa ciudad, en un pequeño río; es visible desde el ferrocarril y carretera y se puede acceder por un camino de tierra. Con certeza se sabía que funcionaba en 1586 pero se data habitualmente en 1384 por una placa que existe en la parte baja; sin embargo hace ya 25 años que estimamos que la segunda y decisiva cifra debe ser un 5 y no un 3, lo que está de acuerdo con su tipo (49; 50). Efectivamente, un trabajo de Ibarra de 1892, exhumado por Gozávez, dice que el maestro Juan del Temple

(6) Para estas presas vid. trabajos de conjunto (6, 19, 21, 29, 49, 50, 51, 57).

«hizo el estanque» cinco años antes. Después Pereda ha estudiado la documentación; en 1578 se concierta la traza con Pedro de Vaca y comienzan las obras supervisadas por Juan de la Torre, Francisco de Burdaría y Juanes del Temple; paralizadas después, se contrata definitivamente en 1584 a Pedro de Aguirre, con Juanes del Temple como segundo, con abono de cantidades «por la traza y modelo que hicieron para la obra del estanque», el primero marcharía al año siguiente. También dieron trazas Pedro Izquierdo (que interviene en Tibi) y Pedro de Llamas, pero se juzgó mejor la de Aguirre, con acuerdo de seguir ésta. En 1585 ya se riegan 1.270 Ha y se acaban los trabajos en 1587, por casi 4 millones de maravedíes. El recrecimiento poligonal sería del XVIII, quizás de Bartolomé Ribelles, a quien Tormo atribuye toda la obra (41; 50; 51; 63).

La parte antigua es curva, con radio de 26 m, espesor de 10 m en la base, paramento vertical aguas arriba y el otro hasta 7,7 m, luego con grandes escalones hasta 14,5 m en que queda reducido a 4 m de espesor. Después, hasta los 23,4 totales es un dique angular posterior, de tres alineaciones y 190 m de longitud, probablemente del siglo XVIII. En el margen izquierdo hay un aliviadero excavado de 12 m de anchura que corresponde al recrecimiento. La toma de agua es un túnel inferior cuadrado de 1 m; el de limpieza o «desarenador», otro de 1,30 por 1,50, cerrado por maderos y con maniobra ya descrita. El problema de depósitos no es muy grave porque el embalse se vacía totalmente dos veces al año para el riego de cereal y siempre corre agua de las fuentes. En 1912 se instala una compuerta deslizante con una torre independiente hasta la cual se prolonga la galería; se harían otras obras o se concluyen más tarde, porque allí figura la fecha de 1929. A pesar de todo hay muchos lodos y la capacidad de 2,8 millones m³ parece reducida a menos de la mitad (21; 29; 51).

Presa de Tibi.— Tiene casi doble altura, forma mucho más maciza y es de semejante fecha. Está a 5 km de dicha localidad y recoge las aguas del río Verde o de Castalla, luego lla-

mado Monnegre. Descrita por Cavanilles, fue la más alta de Europa hasta que en el siglo XVIII se construyen las de Puentes y Gasco. La autoría es muy discutida; Aymard la atribuye a Herrera y lo aceptan Llauradó, Alzola u otros; un manuscrito de Bendicho, de 1640, aporta otros datos distintos, que siguen Viravens y también Maltés y López, señalando un «primer inventor llamado Esquierdo o Ysquierdo» y un «primer executor» Miguel Alcarás. Además señala Bendicho que, obtenida la aprobación por Felipe II, éste encargó a un dominico desconocido y al célebre Juanelo Turriano que reconocieran el lugar y dieran traza, el último tendría entonces 80 años, muy avanzada edad para tal trabajo; no los mencionan otros autores. Finalmente, Viravens añade la dirección de Cristóbal Antonelli, que intervino en las fortificaciones de Alicante; Tormo y Llorente siguen esta última atribución (9; 46; 49; 51; 76).

Según trabajos recientes de Alberola la documentación no confirma la cita de Juanelo y reduce la intervención de Herrera a una supervisión final y señalar los medios para conservar la obra. En cambio se confirma la de Pere Isquierdo, quien en memorial de 1593 dice ser «el primer inventor del pantano» y la fábrica es según su modelo, también dio trazas para reparar el azud, acequias y partidores (1, pp. 36-44). Igualmente, al intervenir en el reconocimiento para la presa de Elche, lo que prueba su prestigio, indica «hice la traza del de Alicante» (2, p. 26; 41, p. 212). En cuanto a los otros hay una orden de Felipe II para que en las obras se observen «el parecer y acuerdo de mis ingenieros Jorge Fratin, Bautista Antonelli y Christoval Antonelli», éste último es quien dirigiría las obras (2, pp. 40-41).

Se inician en 1580 y se impulsan en 1589 al ceder el rey los diezmos de los nuevos frutos, que esperaba conseguir de la Santa Sede, como había ocurrido en el Canal Imperial (lo logra en 1596). Agotados los recursos en 1594 se considera terminado en 190 palmos (43 m) de los 226 proyectados; costó 58.000 libras valencianas.

Poco después, en 1601, sufre una avería y otra mucho más grave en 1697 por causas no aclaradas (¿explosión? ¿avenida?), quedando inútil hasta la reparación en 1738 según planos de Pedro Moreau (1; 50).

Es un arco de 65 m de longitud, 42,7 en el paramento de aguas abajo, con escalones en talud poco marcado; el grueso, de 33,7 más bajo, se reduce a 20,5 arriba, parece excesivo a Llauradó que cita 25 y 15 m. La capacidad es 3,7 a 5,4 millones m³ según los autores. Sigue en uso para la Huerta de Alicante y la toma de agua es original (luego repetida en otras presas) con 52 aspilleras dobles por las que entra el agua y cae a una galería abajo, excavada en la roca (primero estuvo en la misma presa, quizás hasta la avería de 1601). La de limpia es gran novedad, como en Almansa, y aun mejorada ya que la boca, de 1,8 por 1,7 m se ensancha hasta 3 m por 3,3 m para la expansión del lodo y su salida empujado por el agua; la delicada maniobra se ha sustituido en nuestro siglo por una galería lateral excavada en la roca con dos compuertas deslizantes (1936-44). Originalidad de Tibi, ya citada por Bendicho, es el «trastallador» o aliviadero en el muro (49; 51; 21; 29).

Las aguas venían por el cauce del río (ahora por un canal) y se desviaban para el riego mediante el azud de Muchamiel, de planta curva; se reconstruye en 1590-91 y se hacen obras en 1712, pero es arruinado en 1793. El actual es de comienzo del XIX, de planta recta y perfil curvo (¿anticipación de los modernos de ese tipo?), está relleno. El agua que llega (desde los años 40 por un canal) es insuficiente para el riego adecuado y se acumula en un gran estanque o «pantanet» en Muchamiel, realizado en el siglo pasado y luego agrandado. Aguas abajo, el azud de San Juan lo estudiamos en el grupo siguiente.

Presas-bóveda

Incluimos en este grupo tres obras de caracteres más avanzados aún, del tipo bóveda, las tres en la provincia de

Alicante. Los rasgos ya se apuntan claramente en la de Elche, planeada a fines del XVI aunque realizada en el XVII; aparecen de manera nítida en el azud de San Juan, en la Huerta de Alicante, y alcanzan máxima expresión en la presa de Relieu, de finales del XVII o comienzos del XVIII.

Presa de Elche.— En las obras generales clásicas las noticias son a veces confusas por referirse, sin distinción, a la presa antigua y a la reconstrucción del XIX; Ibarra expone las vicisitudes de ambas (43; 44). Se acuerda hacerla en 1586 y vienen diversos maestros, entre ellos Miguel Sánchez, Pere Isquierdo (el iniciador de Tibi) y Joanes del Temple (que trabajó en Almansa), al cual se debe la traza aprobada en 1590; pero se retrasa el inicio hasta 1632 por diversas causas como señala Gozávez (41), siendo dirigidas las obras por Sánchez. Se trabaja en la década de 1640 y en 1655 se dice que los gastos han sido 21.000 libras, aunque quizás la conclusión es anterior. Los resultados son malos por la salinidad del agua y los depósitos, hasta quedar inservible y se repara por Vicente Gascó en 1786. La presa es descrita por Cavanilles casi en la misma forma que la actual, con toma de agua por aspilleras, como en Tibi, también túnel de limpia (excavado en un cerro). El 3 de septiembre de 1593 se inutiliza por una gran avenida, se coloca una compuerta en 1597 que se repara en 1802. Según Aymard en 1836 sufre una gran brecha, que no cita Ibarra, y permanece así hasta 1841, año de dura sequía, en que el ayuntamiento decide la rehabilitación, pero a falta de medios se enajena en 1842 a favor de los propietarios de las acequias tradicionales; en seguida comienzan las obras, que se acaban en 1843, por valor de 157.000 reales (34).

Ignoramos en que proporción exacta se hace la reconstrucción que, por la rapidez, sería sólo parcial. Es de planta en arco, 70 m de longitud, 23 de altura y espesor de 12 m abajo y 9 arriba, con paramentos de sillares en suave talud. Sin la forma curva no hubiera tenido estabilidad y algún autor la considera ya de bóveda, en tal caso sería la primera del mundo (29, p. 14 y 24), y constituye un gran paso respec-

to a las inmediatamente anteriores de gravedad-arco de Almansa y Tibi; en la primera intervino el mismo autor, lo cual indica el rápido progreso, así Temple, hasta ahora apenas conocido, se revela como uno de los grandes de su época.

Otra novedad importante se halla en el desagüe de fondo con cierre de maderos, en una galería de 2,2 por 2,7 m, con otra encima de 2 por 2,40 m desde la cual se retiran las últimas traviesas, sin riesgos, en la maniobra de apertura. En la reconstrucción se prolonga con dos muros a manera de alas y aliviadero en una vaguada lateral.

La capacidad de 4 millones m³ está reducida a la décima parte y la evaporación aumenta la salinidad del agua (el río cruza antes las margas salíferas del keuper a lo largo del valle), por todo ello se hizo en 1914 un canal lateral que rodea el embalse por la margen derecha; se pensó recrecer la presa y modernizar el sistema de cierre, no se ha hecho y hoy está abandonada y casi rellena, de tal modo que en las crecidas fuertes salta el agua por encima, sin daños hasta ahora.

Azud de San Juan de Alicante.— Es obra de mediano volumen pero gran interés, aunque no citada por los autores habituales, en la Huerta de Alicante, aguas abajo del azud de Muchamiel en el río Monnegre (desde allí llamado «Seco», de forma expresiva). Allí derivaban las aguas procedentes del pantano de Tibi y las de avenidas eventuales. Las que rebasaban dicho azud aun podrían aprovecharse mediante otro que se realiza en 1631-33, se repara en 1640 y se liquidan los gastos en 1656, fecha que se indicaba antes para la construcción (46, p. 710; 2, pp. 75.76). Es de planta curva, con 48 m de cuerda por 4 de flecha, 7,5 m de altura y 3,6 m de grosor con muros verticales; por tanto una presa-bóveda muy audaz para la época y de autor ignorado. Hoy está inútil, lleno de sedimentos; las aguas eventuales se desviaban por una acequia especial («Gualeró») para la mitad inferior de la Huerta.

Presa de Relleu.— Merece lugar especial por reunir todos los adelantos de las anteriores, salvo la inexplicable carencia de aliviadero. Se halla aguas abajo de dicha localidad, en el río de su nombre que después se llama Amadorio o de la Vila. Lejos de carretera y apenas visitada, está en un impresionante tajo calcáreo en forma de Y, de apenas un par de metros de anchura abajo. Villajoyosa gestiona su construcción, obteniendo permiso real en 1653 y los gastos serían cubiertos con el tercio diezmo de la corona sobre los aumentos y novales, como en Tibi. Se ha apuntado como fecha finales del XVII o comienzos del XVIII, sin apoyo documental exacto y se desconoce el autor, lo cual es muy de lamentar; se recrece en XIX (49; 51; 2).

La parte antigua, en arco de 61 m de radio, es de paramentos verticales, 28 m de altura por 10 de espesor. En 1879 se recrece hasta 31,8 m con muro de sólo 5 m de grueso y embalse total de 6 millones m³. Carece de aliviadero y la toma de agua es similar a la de Tibi, 7 aspilleras en un pozo (en forma de torre adosada en el recrecimiento), cae el agua a la galería única de fondo, utilizada también para la limpia y se llega a ésta por otra superior inclinada (21; 49; 29).

Construido en 1961 el embalse de Amadorio, 6 km aguas abajo, el de Relleu se abandona, aunque cumple la misión de retener sedimentos; en 1969, cuando lo visitamos, enrasaban ya con la obra antigua.

Presas fallidas del XVI y XVII.— En diversos lugares se realizan obras en esos siglos, fallidas por circunstancias diversas. En el XVI la primera de Puentes, que no pasa de los cimientos; en el XVII las otras, tres de ellas en tierras alicantinas: la de Petrel totalmente enronada, las de Elda y Onteniente, derruidas, el conjunto de éstas y las anteriores en la provincia hace de ella un extraordinario museo de tales obras; otra se alza en Castellón, en Alcora, también arruinada.

Primera presa de Puentes.— No se estudian aquí las dos grandes de Puentes y Valdeinfierno para el riego de Lorca, de

finales del XVIII, sin embargo ha de señalarse que el primer intento en el estrecho de Puentes es del XVII. El concejo lorquino decide el envío, en 1611, de dos comisionados para visitar los embalses de Tibi y Almansa y se llama a Juan de Torres, maestro de obras de éste y se une con Pedro Cresques y Pedro Milanés, de Murcia, para estudiar lugar y plano, pero las obras no comienzan hasta 1647 (35; 36; 7). La fundación, dirigida por Pedro Guillén, con Milanés y otros, se hace en 1648, en condiciones muy difíciles por no llegar a roca firme. Se disponen dos arcos de piedra con los apoyos laterales en la roca y los otros en estacada en el cajero del río, encima otro arco de descarga para aliviar el peso sobre los estribos centrales y el conjunto se maciza para formar la base del muro. Pero una riada el 6 de agosto de aquel año destruye la obra.

A finales del XVII, a petición del concejo de Lorca, Toribio Martínez de la Vega «maestro mayor de las minas de Almadén», reconoce el estrecho de Puentes y considera factible la presa, pero apenas llega a esbozar el proyecto. En cambio construye poco después, ya a comienzos del XVIII (1711-16) la de Lébor –no estudiada aquí– en esta rambla, afluente del Guadalentín para el concejo de Totana; funcionó poco tiempo (35, p.570).

En 1785 se comienza el otro de Puentes de enorme tamaño y se acaba en 1788, pero también, por mala cimentación sobre pilotes, se produce un enorme boquete en 1802 y no se reconstruye hasta finales del XIX.

Presas de Elda y Petrel.– Situada una en el Vinalopó y otra en un afluente suponen, junto con la de Elche, el aprovechamiento total con tres presas de una pequeña cuenca con escasas lluvias, un caso único en la época y no repetido. El embalse de Elda, aguas arriba de la ciudad, ha dado lugar a confusión por citarse dos obras de muy distintas dimensiones; hay descripción de Cavanilles a finales del XVIII, que copia Madoz (58, t. 7 p. 494) pero sin indicar la ruina, no lo menciona Aymard, en cambio poco después Llauradó dice

que iba a seguirse la obra iniciada en 1842 y la Memoria de 1949 de la Confederación del Júcar indica una altura la mitad que la dada por Cavanilles y se fecha a finales del XIX. Esas contradicciones son de simple solución, como ya indicamos hace años (48; 49): después de una concordia en 1664 entre la villa y su señor, se inician las obras por cuenta de aquélla y se acaban en 1698 (52, p. 48). Cavanilles le asigna 56 palmos de altura y 40 de grueso arriba (12,9 por 9,2 m), desbordaba en seguida y se hicieron para ello dos muros en canal pero la cascada era peligrosa y propone elevar el muro y hacer un aliviadero lateral en la roca (19, II p. 259). Debía ser de planta recta, muros perpendiculares y revestimiento de sillería, pero sin galería de limpia, según un manuscrito del siglo XIX. El 14 de octubre de 1793 se produce una grave rotura (desconocida para Cavanilles) y queda inútil, no sabemos si a causa de una avenida o poco después; aquel mismo otoño, el 3 de septiembre sufre graves daños la presa de Elche y el 7 el azud de Muchamiel, como ya se ha dicho, sería efecto de aguaceros extraordinarios ocasionados por gotas frías, típicos de esa época del año en la región.

En 1842, coincidiendo, como en Elche, con la dura sequía de ese año y el anterior, se acuerda rehacer la presa, pero los trabajos se detienen por falta de recursos, hasta que en 1879, con otra gran «seca» de cuatro años, se continúan hasta terminar hacia 1890. La nueva es de planta recta, más baja, 6,5 m, escalonada hacia aguas abajo, con dos pequeñas torres para salida de aguas y desagüe profundo. Tiene muchos depósitos y desde hace más de 30 años no se utiliza (8; 50; 21).

El embalse de Petrel no se cita en ninguna de las obras clásicas ni modernas, salvo la muy simple mención de Cavanilles de que «podrían aumentarse las huertas si se reparara el pantano» (19, II p. 257), lo que indica su inutilidad entonces. Hace unos 25 años localizamos la presa, está al NE de la ciudad, donde la rambla de Puça o de los Molinos (afluente del Vinalopó) recibe por la izquierda el barranco del Badallet. Es

recta, de unos 12 m de altura —estimación a ojo— de mampostería, sin revestido de sillares, por lo menos en el paramento visible de aguas abajo, en ligero talud. En la parte inferior hay un túnel abovedado de unos 2 m de altura, cerrado; en la coronación hay una brecha y parece localizarse un pozo de toma de agua. El vaso está totalmente relleno de sedimentos y con cultivos (59; 51). Nada sabíamos sobre la fecha, que suponíamos del XVII, hasta investigaciones recientes de Bernabé que nos facilitó generosamente (10). En 1679 el concejo de la villa acuerda construir la presa y las obras se adjudican por 2.000 libras valencianas al francés Miguel Raymundo, vecino de Alicante, señalando sitio y traza Chochim (Joaquín) Bernabeu, maestro de Vallada; los trabajos son rápidos y están prácticamente acabados en mayo de 1680. Según el pliego de condiciones tendría 60 palmos de altura, es decir 13,8 m (1 palmo=23 cm), por 32 de grueso (7,3 m) de talud en la pared de fuera, de mampostería, la otra de piedra picada, y una bóveda de 14 por 12 palmos (3,2 por 2,7), con aspilleras en un pozo para toma de agua hasta la paleta de cierre; había de tener «trastallador» o aliviadero de 10 palmos de ancho, que no se percibe; en el plano la planta es ligeramente curva, aunque no se indica en las condiciones ni se hizo en realidad. Por la falta de mecanismo de limpia tendría corta vida, menos de un siglo, puesto que Cavanilles, a fines del siguiente, la da como inútil, como se dijo antes.

Presa de Onteniente.— Para el regadío de esta localidad se alza una presa en el río Clariano (afluente del Albaida y éste del copioso «Pou Clar»). En 1655 se obtiene el permiso de la Corona que dona el tercio diezmo de los aumentos por el riego durante 24 años. El proyecto es de 120 palmos de altura (27,6 m) por 55 de grueso (12,6 m) y en forma de «circo» pero se hace de planta recta. Se adjudica la obra al vizcaíno Martín d'Avaria y a Félix Martín, de Bokairente; más tarde interviene también el aragonés Pedro Quintana y después hay otra contrata al alcoyano Rafael Soler, ayudante de Quintana, a fin de llegar hasta 90 palmos (20,7 m); en 1687 estaría

acabado o poco menos (parece que sin llegar a la altura proyectada al principio) ya que se aprueban detalladas ordenanzas. Tiene galería de limpia, toma de agua por pozo y aspilleras, aún visibles, y aliviadero. Por causas mal conocidas sufre enseguida un hundimiento (49; 50; 52).

En la segunda mitad del siglo XIX se comienza a reconstruir, sin que se acabe; a esta época corresponden los sillares de la parte interior que quedan a mitad de la obra antigua. Por encima se hace después, con un puente, el paso de la carretera de Bocairente, iniciada en 1897. Después de nuestra guerra se hace en otro lugar un azud y su canal.

Presas de Alcora y Bechí.— Se encuentran lejos del grupo anterior, en el borde de la Plana de Castellón. La de Alcora en el río de Lucena (subafluente del Mijares). No conocemos la fecha pero ha de ser, como máximo, de comienzos del XVIII, pues en este siglo se regaba parte del término «con las aguas que se recogen en un gran pantano que para este efecto construyó la villa». A fines de ese siglo ya estaba destruida por una avenida, según Cavanilles; éste le asigna 130 palmos de longitud (89 m) y 45 de grueso (10 m) en la base; la construcción era débil, con paramentos de sillares pequeños y relleno de cantos. En el XIX se intenta la reconstrucción y finalmente, en 1958, se hace una pequeña de 1,75 millones m³ de capacidad (50, pp. 654-655).

Otra obra en el río Seco de Bechí no es propiamente un embalse y tampoco sabemos la fecha. Es citada por el siempre exacto Cavanilles, sin indicar dimensiones, construida por Burriana para pasar aguas procedentes del Mijares; pronto se llenó de aluviones, lo cual provocaba inundaciones en los campos de Bechí. Parece que se mantuvo hasta nuestra guerra.

Azudes y canales

En los ríos levantinos principales, con grandes regadíos anteriores, en los siglos XVI y XVII se realizan también algunos

azudes y canales para mejorar o extender el riego; citaremos varios casos destacados en la Plana de Castellón, Ribera del Júcar y Huerta de Murcia.

Plana de Castellón.— El azud de Villarreal, el primero del sistema, se reconstruye en 1518, no lo describe Cavanilles ni tampoco Aymard; a pesar de numerosos arreglos parece que se mantiene lo esencial. Con una longitud de 100 m y altura de 2 m, es de mampostería de cal chapada de sillares, perfil trapezoidal, con un escalón aguas arriba y original planta de tres arcos convexos hacia aguas arriba, apoyados en pilas intermedias, con un muro de prolongación (47, p. 313; 29, pp. 163-67).

Luego está el común de Castellón y Almazora. El primitivo, muy tosco, se hallaba junto a la desembocadura de la rambla de la Viuda, con fuertes y dañinas avenidas; para evitar sus efectos se conviene, en 1613, levantar otro aguas arriba. El canal ha de cruzar la rambla y para ello se precisa un notabilísimo sifón subterráneo, luego así, con 18 respiradores, hasta la Casa de las Rejas donde se dividen las acequias; la de Castellón sigue subterránea por la «mina nueva» con 21 respiraderos según describe Cavanilles; su coste fue de 36.000 pesos (19, I p. 104). El sifón es muy elogiado por Jaubert de Passa, pero lo atribuye a los musulmanes (45, I p. 100), como han repetido otros autores. Sin embargo ya Ponz precisa los caracteres y fecha de la obra, realizada en 1618, por valor de 14.000 pesos; mide el canal 1.730 varas (si es la valenciana, 1 vara=0,906 m, si es la castellana, 0,836 m) y la parte debajo de la rambla 125, de sección circular con 2 varas de diámetro (66, p. 1.195). Madoz mantiene la atribución árabe en un lugar pero sigue a Ponz en otro (58, t. 6 p. 123 y t. 2 p. 8); varios autores castellonenses señalan la rectificación y es comprobada por Bellver y Cacho mediante la documentación del Archivo Municipal de Castellón (47, nota 5).

El último azud, el de Burriana, se rehace a finales del XIX.

Ribera del Júcar.— En la Ribera Alta, aguas arriba de la toma de la Acequia Real del Júcar, se abren en el XVII dos nuevas acequias por concesión de Felipe III (1604) y Felipe IV (1654), las de Escalona y Carcagente, pero siendo posteriores a la Real, ésta tiene preferencia para el agua en caso de insuficiente caudal (48, p. 142). La de Carcagente costó 100.000 pesos según Cavanilles y su toma «es un grueso murallón con su rampa entretejida de maderos para sujetar la mampostería» (19, I p. 201), es decir, con pilotaje.

La de Escalona, llamada de Castelló por Cavanilles, según éste es prolongación de la antigua de Sumacárcel por los de Villanueva de Castellón; costó 80.000 pesos y para cruzar el Sellent se optó en este caso por un acueducto de arcos seriamente dañado en 1791 (19, I p. 201).

Huertas del Segura.— En la Huerta de Murcia a los dos viejos sistemas de las acequias de Alquibla o Barreras, en la margen S, y Aljufía en la N, se añade en el XVI la acequia de Churra la Nueva. Su origen es un pequeño cauce llamado el Jabalón o Javalí; en 1565 el concejo murciano permite abrir una toma y prolongar hasta Churra, sin embargo parece que hasta 1654 no se abre la toma, conociéndose la acequia con el nombre de Nueva para distinguirla de la anterior o Vieja, próxima y casi paralela que deriva de la Aljufía. Según Díaz Cassou llegaba poco más abajo de Churra, el resto es prolongación posterior a 1681 (30, pp. 36 y 43-45). El Riacho que desde Murcia entra en término oriolano y acaba en el Segura, se proyecta en 1509 para desaguar tierras pantanosas y ponerlas en cultivo y servir de aliviadero en las avenidas, pero no se acaba hasta 1689.

En el XVII el desarrollo se hace mayor en la Vega Alta, con el acondicionamiento en la de Molina de la acequias de Ceutí y de los llanos de Alguazas; en Cieza la de Don Gonzalo (1623) y en Calasparra la de Bercherín (1634); después la «mina» de la Algaida y las acequias Serenadas (1651-52) en Archena y la presa-acequia del Esparragal en Calasparra (1675) (64; 45 bis).

Galerías de captación

Este viejo sistema, el *qanat* iranio (7), es llamado en la región valenciana «mina» o «alcavó», y todavía se realiza a finales del XIX y comienzos del siglo actual en varios sitios. Carecemos de datos sobre minas importantes del XVI y XVII, que pueden hallarse en archivos locales, como ha comprobado Bernabé en Petrel. Se localiza el agua mediante un pozo madre o «manifest» y luego se excava la galería con un rosario de pozos para sacar escombros y ventilación, también se usa para conducir aguas salvando desniveles y obstáculos; en otros casos se hace para aumentar un manantial como la «Font del Molí» en Castellón de la Plana.

En Petrel son numerosas, la mayoría pequeñas, pero la de Puça es espectacular aunque dedicada al abastecimiento urbano, con diversas «cavas» a mediados del XVII para alcanzar 125 m, en las capitulaciones de 1651 se especifican las condiciones: 7 palmos de altura (1,59 m) por 4 de ancho (0,9 m), inclinación de medio palmo cada cuarenta (pendiente del 1,25 %) y pozos respiraderos cada 18 palmos (4,1 m) (11, pp. 188089). Ignoramos la fecha de la gran mina para riego en Crevillente, de 6.000 palmos, descrita con minuciosidad por Cavanilles, en cuyo tiempo se hacía otra (19, II pp. 275-76).

Se pueden citar también en otras regiones. En Canarias, donde este sistema tiene extraordinario desarrollo desde finales del XIX, la única obra significativa anterior es del XVI, en Gran Canaria, para desviar aguas de la cuenca de Tejeda a la de Tenteniguada (69, p. 214).

(7) Conocido allí probablemente desde el siglo VIII a. C., se atribuye a los árabes su expansión hacia Occidente, por el N de África (71, pp. 244-45); pero construcciones de este tipo ya se realizan en España en la época romana, aparte de canales con tramos subterráneos, también galerías de captación con respiraderos como la de Gandía o la de Segóbriga (cerca de Saelices, en Cuenca) (51; 54; 30).

En la capital madrileña, donde son de raigambre árabe, las prolongaciones o nuevas galerías («viajes fontaneros») en el XVI y XVII son para aguas potables (59; 72; 75); en Aranjuez las diversas minas son para riegos o para la ciudad, según los casos, pero se hacen en el XVIII (53, pp. 52-56), etc.

Proyectos de trasvase

En una región donde las aguas escasean o son insuficientes es lógico que se busquen también en otras cuencas, así los proyectos de trasvase, con precedentes en siglos anteriores, prosiguen en el XVI y XVII, aunque por el volumen de las obras necesarias nada se consigue (37; 61). Citaremos algunos casos destacados.

Huerta de Elche.— Aparte de gestiones en el siglo anterior, en 1528 se designa una comisión para visitar el Júcar y en 1533 hay una propuesta del señor de Elda. En 1668 se renueva la cuestión y se llama a un experto, Francisco Verde, para la nivelación oportuna, su opinión es que sería muy difícil. Se intenta también traer aguas de Villena, con diversos acuerdos en el XVI y de nuevo en 1669; ante las dificultades que presenta el Júcar, se hace que Verde estudie la cuestión, éste considera tal proyecto más viable pero surgen disputas sobre dichas aguas con Elda y Sax (67; 12).

Vega de Valencia.— Planes para trasvasar aguas del Júcar para la Vega y también al llano de Quart ya hay en los siglos XIV y XV y se renuevan en 1529; incluso se firma un contrato con el maestro Andreu Puig. En 1604 se vuelve al proyecto (14, pp. 151; 25) y más tarde aparecen los interesantes folletos de Juan Font en 1628 y Domingo de Usenda en 1658 (42).

Campo de Lorca.— Mejorar el riego del Guadalentín es una constante, como detalla Gil Olcina (36, pp. 87-88). En 1500 y 1537 se plantea, sin éxito, utilizar las fuentes de Caravaca; en

1566, de acuerdo con Murcia y Cartagena, se inician los trabajos pero fracasan por la oposición de Caravaca. Para otro proyecto se comisiona en 1618 a Gregorio López Madera y se hace un proyecto por el ingeniero Francisco Silva. También hay diversos intentos de aprovechar el Castril y el Guardal, afluentes del Guadiana Menor; en 1566 el arquitecto Jerónimo Gili se muestra contrario ante los obstáculos, se opone también el duque de Alba, señor de Huéscar y Castril y además surge la rebelión morisca; se vuelve después al proyecto por Alvaro Rodríguez Menchaca y en 1576 un nivelador italiano lo estima factible, pero luego cambia de opinión. Nuevamente se suscita en el XVII con informe favorable de Gregorio López Madera y Francisco de Silva; se reemprende en 1629 y los trabajos llegan a la sierra del Almorox, pero se suspenden por falta de fondos y errores técnicos. Este fracaso llevaría al primer intento de un embalse, que ya se ha expuesto.

Marjales

En la zona pantanosa inmediata al mar prosiguen en esos siglos los trabajos de avenamiento para conversión en cultivos. En la Plana de Castellón es para cultivos hortícolas en los bancos entre las zanjas (55). En Tabernes de Valldigna es para arrozal, mediante tres acequias: Bova (1652-76), la Marina (1688-92) y Nova (1689) (5). Asimismo el marqués de Denia acomete el saneamiento del marjal del Molinell, en 1579 ya se han hecho diversas obras, también en la zona litoral de les Deveses (23).

Conclusiones

1. Después de las grandes obras romanas y algunas medievales, los siglos XVI y XVII significan una etapa nueva, en algunos aspectos revolucionaria con las presas de planta curva.

2. Se puede considerar de transición una primera época a la cual pertenecen obras menores y el embalse de Ontúgola, en Aranjuez, en parte de tradición romana.

3. Se alzan luego a finales del XVI, las grandes presas de gravedad-arco de Almansa y Tibi, aún en uso, que tienen además mecanismo de limpia.

4. Se proyecta en el XVI, aunque se realiza en el XVII, la de Elche, de transición al sistema de bóveda, y en dicho siglo, de este tipo, son el azud de San Juan en Alicante y la presa de Relleu; los tres ya inútiles por los sedimentos.

5. Se desconoce el desarrollo teórico de estos tipos nuevos. Intervienen los grandes arquitectos de la época (Toledo, Herrera, los Antonelli) probablemente en menos medida de lo que se pensaba; junto a ellos otros maestros locales actúan de manera decisiva (Izquierdo, Temple, Aguirre, Sánchez, etc.).

6. Otras levantinas o del valle del Ebro son de planta recta y están arruinadas o rellenas de sedimentos.

7. También se construyen azudes y canales grandes y medianos en el Ebro, Tajo, Júcar, Mijares, Segura.

8. Se hacen galerías de captación y se proyectan trasvases.

9. Se distinguen, en detalle tres, grupos: el madrileño (El Escorial, Aranjuez), el del Ebro (canales Imperial y de Tauste y diversas presas) y el levantino, destacado por la serie de grandes embalses.

10. Constituyen, en suma, esos siglos una etapa extraordinaria en tales obras, sin igual en Europa.

BIBLIOGRAFIA

ALBEROLA ROMA, Armando: «La reconstrucción del pantano de Tibi». *Rev. Instituto de Estudios Alicantinos*, n.º 29, pp. 61-91. Alicante, 1979.

- ID.: *El pantano de Tibi y el sistema de riegos de la Huerta de Alicante*, Diputación Provincia de Alicante, 1984, 191 pp.
- ALVAREZ DE QUINDOS, Juan Antonio: *Descripción histórica del Real Bosque y Casa de Aranjuez*, Madrid, Imprenta Real, 1804; 2.^a ed. Aranjuez, Ayuntamiento, 1982, 430 pp. citamos por ésta.
- ALZOLA Y MINONDO, Pablo: *Las obras públicas en España. Estudio histórico*. Bilbao, 1899: 2.^a ed. Madrid, Colegio Ing. Caminos-Ed. Turner, 1979, 501 pp., citamos por ésta.
- ARROYO ILERA, Fernando : «El sistema de riegos en Tabernes de Valldigna», *Estudios Geográficos*, 1968, n.º 112-13, pp. 659-92.
- AYMARD, Maurice: *Irrigations du Midi de l'Espagne*, París, E. Lacroix, XV-323 pp. y atlas.
- BAUTISTA MARTÍN, José y MUÑOZ BRAVO, Julio: *Las presas del estrecho de Puentes*. Murcia, Confederación Hidrográfica del Segura, 1986, 256 pp.
- BELANDO CARBONELL, Remedios: «La reconstrucción del pantano de Elda», *Estudios Geográficos*, 1986, pp. 491-99.
- BENDICHO, Vicente: *Crónica de la... ciudad de Alicante*, Alicante, 1640, m, copias del XVIII en Bibl. Univ. Valencia y Arch. Mun. Alicante. Ed. resumida por F. Figueras Pacheco, Alicante, Dip. Prov., 1960, 212 pp.
- BERNABÉ MAESTRE, José M.^a: *El pantano de Petrel* (inédito, cortesía del autor).
- ID.: «Obras hidráulicas tradicionales en el regadío de Petrer (Vall del Vinalopó)», en *Paisajes del agua*, pp. 187-88.
- BRU RONDA, Concepción: «El trasvase Júcar-Vinalopó» en *Demanda y economía del agua*, pp. 167-76.
- BRUNHES, Jean: *L'irrigation. Ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord*. París, 1904, XVIII 584 pp.
- BURRIEL DE ORUETA, Eugenio L.: *La Huerta de Valencia. Zona Sur*. Valencia, Instituto Geografía (Diputación Provincial)-Caja de Ahorros, 1971, 624 pp. - Láminas.

- BUTZER, K. W.; MATEU, J. F. et al.: «Irrigation agrosystems in Eastern Spain: Roman or Islamic Origins?». *Annals Ass. of Amer. Geogr.*, 75(4), 1985, pp. 479-509.
- ID. ID.: «Orígenes de la distribución intercomunitaria del agua en la Sierra de Espadán (País Valenciano)», en *Paisajes del agua*, pp. 223-28.
- Canal Imperial de Aragón*, Ministerio Obras Públicas, 1984 (contiene entre otros la «Descripción» del canal de Sástago).
- CASEY, James: «Irrigació i economia al País Valencià. 1589-1689». *I Congreso de Historia del País Valenciano, 1971*. Valencia, Universidad, 1976, t. III, pp. 281-89.
- CAVANILLES, Antonio Joseph: *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía... del Reyno de Valencia*. Madrid, Imp. Real, 1795-97, 2 vols.; ed. por J. M. Casas Torres, Zaragoza, Inst. Elcano (CSIC), 1958, 2 vols.; ed. fac de la 1.^a, Valencia, Albatros, 1972, 2 vols.
- COMISIÓN DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (CEHOPU). Ministerio Obras Públicas y Urbanismo. *Planos históricos de Obras Hidráulicas*. Madrid, 1985, 398 pp. (Catálogo con notas por E. Sánchez Giménez).
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR. Min. Obras Públicas. *Memoria de trabajos realizados ... hasta 1945*. Valencia, 1946, 340 pp.
- COSTA MAS, José: *El Marquesat de Denia*. Valencia Departs. de Geografía de Valencia y Alicante, 1977, 595 pp.
- ID.: «Evolución antrópica... de la Marjal de Oliva-Pego». *V Congreso de Geografía*. Granada 1977, pp. 219-30.
- Demanda y economía del agua en España*, ed. A. Gil Olcina y A. Morales Gil, Alicante. Instituto Universitario de Geografía-Caja de Ahorros del Mediterráneo-Diputación Provincial, 498 pp.
- DÍAZ CASSOU, Pedro: *La Huerta de Murcia...* Madrid, Fortanet, 1887.

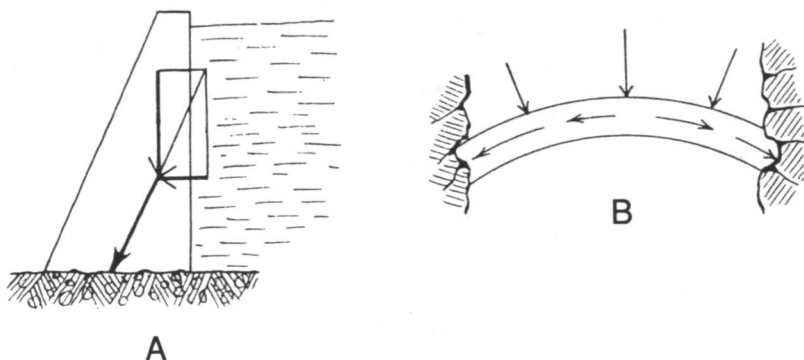
- DOMINGO PÉREZ, Concepción: «El trasvase Júcar-Turía», en *Demanda y economía del agua en España*, pp. 267-76.
- FERNÁNDEZ CASADO, Carlos: *Ingeniería hidráulica romana*. Madrid, Colegio Ing. Caminos-Turner, 1983, 674 pp.
- FERNÁNDEZ MARCO, J. I.: *El Canal Imperial de Aragón*. Zaragoza, Instituto Elcano-Junta del Canal, 1951.
- FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, José A.: *Catálogo de noventa presas y azudes españoles anteriores a 1900*. Madrid, CEHOPU, 1984, 511 pp.
- ID.: *Catálogo de treinta canales españoles anteriores a 1900*. Madrid, CEHOPU-Colegio Ing. Caminos, 1986, 321 pp.
- GARCÍA-DIEGO, J. A.: *Las presas antiguas de Extremadura*. Badajoz, 1979.
- GARCÍA TAPIA, J. Antonio: *Los veintitún libros de los ingenios...* vid. Turriano, Juanelo.
- GARCÍA TAPIA, Nicolás y RIVERA BLANCO, Javier: «La presa de Ontígola y Felipe II». *Revista Obras Públicas*, 1985, mayo-junio, pp. 477-90.
- GIL OLCINA, Antonio: «El regadío de Elche», *Est. Geogr.*, 1968, pp. 527-74.
- ID.: «Embalses españoles de los siglos XVII y XIX para riego». *Est. Geogr.*, 1972, n.º 129. pp. 577-96.
- ID.: *El Campo de Lorca*. Valencia, Dep. Geografía-Inst. Elcano (CSIC), 1971, 207 pp.
- ID.: «Evolución de los grandes regadíos deficitarios del Sureste español», en *Demanda y economía del agua*, pp. 311-27.
- GLICK, T. F.: *Irrigation and Society in medieval Valencia*, Cambridge (Mass.), 1970.
- GÓMEZ NAVARRO, J. y JUAN-ARCIL, José: *Salto de agua y presas de embalse*. Madrid, Escuela Ing. Caminos, 1958, 3.ª ed., 2 vols.
- GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio: *Fábricas hidráulicas españolas*. Madrid, CEHOPU, 1987, 524 pp.
- GOZÁLVEZ PÉREZ, Vicente: *El Bajo Vinalopó*. Valencia, Dp. Geografía, 1977, 270 pp.

- GUAL CAMARENA, M.: *Estudio histórico-geográfico sobre la Acequia Real del Júcar*, Valencia, 1979.
- IBARRA Y RUIZ, Pedro: *Historia de Elche*. Alicante, 1985, XV-320 pp.
- ID.: *Estudios acerca de la institución de riego de Elche...*, Madrid, R. Acad. Ciencias Morales y Políticas, 1915, 320 pp.
- JAUBERT DE PASSA, Barón: *Canales de riego de Cataluña y Reino de Valencia*, trad. Valencia, 1844, 2 vols.
- LEMEUNIER, Gúy: «Reflexiones sobre... el regadío murciano: Los orígenes de la Acequia de D. Gonzalo en Cieza (siglo XVII)» *«Homenaje al doctor Sebastià García Martínez»*, Valencia, 1988, t. III, pp. 55-61.
- LÓPEZ GÓMEZ, Antonio: «Riegos y cultivos en la Huerta de Alicante», *Est. Geogr.*, 1951, pp. 701-71.
- ID.: «Evolución agraria de la Plana de Castellón», *ibid.*, 1957, pp. 309-60.
- ID.: «Riegos y cultivos en las huertas valencianas», *Cuad. Geografía*, 1954, XIV, pp. 1-23.
- ID.: «Embalses levantinos de los siglos XVI y XVII». *III Congreso de Historia de la Medicina y de la Ciencia*. Valencia, 1965, pp. 85-93.
- ID.: «Embalses de los siglos XVI y XVII en Levante», *Est. Geogr.*, 1971, n.º 125, pp. 617-56.
- ID.: «El origen de los riegos valencianos. I. Los canales romanos». *Cuadernos de Geografía*, 1974, n.º 15, pp. 1-24.
- ID.: *Els embassaments valencians antics*. Valencia, Conselleria d'Obres Públiques, 1987, 72 p.
- ID.: «Las presas antiguas de Aranjuez y su relación con las mediterráneas», en *Demanda y economía del agua*, pp. 465-85.
- ID.: *Antiguos riegos marginales de Aranjuez. «Mares», azudes, minas y canales. Discurso...* Real Academia de la Historia, Madrid, 1988, 74 pp.
- ID.: «La evolución del cultivo hortícola en los marjales valencianos», en ID.: *Estudios sobre regadíos valencianos*, Valencia, 1989, 177 pp.

- LLAGUNO Y AMIROLA, Eugenio y CEAN BERMÚDEZ, Juan Agustín: *Noticia de los arquitectos y arquitectura de España*. Madrid, Imp. Real, 1829, 2 vols.
- LLAURADO, Andrés: *Tratado de aguas y riegos*. Madrid, Imp. Moreno y Roja, 1884. 2.^a ed., 2 vols.
- MADOZ, Pascual: *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España...* Madrid, 1845-50, 16 vols.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E.: «Historia del abastecimiento de aguas a Madrid ... las aguas subterráneas». *Anales Inst. Est. Madrileño*, 1977, pp. 28-51.
- MATEU BELLES, J. F. «Assuts i vores fluvials regades al País Valencià medieval», en *Demanda del agua*, 155-85.
- MORALES GIL, Alfredo: «Trasvases de recursos hídricos en España», en *Demanda y economía del agua*, pp. 239-54.
- Paisajes del agua, Los. Libro jubilar dedicado al profesor Antonio López Gómez*. Univ. de Valencia- Univ. de Alicante, 1989, 394 pp.
- PEREDA HERNÁNDEZ, Miguel Juan: *La construcción de la presa del pantano de Almansa*, Almansa, Asociación Torre Grande, 1986, 27 pp.
- PÉREZ PICAZO, M.^a Teresa y LEMEUNIER, Guy: «La evolución de los regadíos sureños en la región de Murcia (siglos XVI-XIX)», en *Demanda y economía del agua*, pp. 329-37.
- PONCE HERRERO, Gabino: «La cuestión de las aguas en el corredor de Almansa», en *ibid.*, pp. 455-61.
- PONS, Antonio: *Viaje de España*, 2.^a ed. Madrid, Aguilar, 1947, 2.039 pp.
- RAMOS FERNÁNDEZ, Rafael: «Proyectos para trasvase de agua de riego a Elche». *Cuad. de Geografía*, 1970, n.º 7. pp. 259-72.
- ROSSELLÓ VERGER, Vicent: «Els molins d'aigua de l'Horta de València» en *Paisajes del Agua*, pp. 317-45.
- RODRÍGUEZ BRITO, Wladimiro: «Galerías y pozos en Canarias», en *Demanda y economía del agua*, pp. 213-15.
- SANTOS, Francisco de los: *Descripción del monasterio de San Lorenzo del Escorial*. Madrid, 1667 (varias eds.).

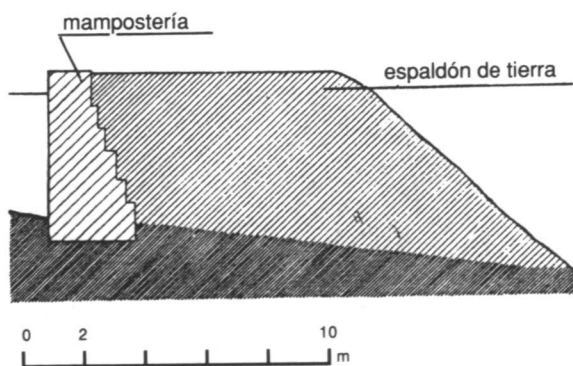
- SMITH, Norman: *The heritage of spanish dams*. Madrid, Spanish Committe large dams, 1970, 137 pp.
- TROLL, Carl y BRAUN, Cornell: «Madrid, el abastecimiento de agua a la ciudad por medio de «ganetes» a lo largo de la historia», *Geographica*, 1974, n.º 1-4, pp. 253-313.
- TURRIANO, Juanelo: *Los veinte y un libros de los yngenios e maquinas de Juanelo*, Manuscrito, Madrid, Biblioteca Nacional, (ns. 3372-3376).
- TURRIANO, Pseudo Juanelo: *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas* (Transcripción). Prólogo de J. A. García Diego. Madrid, Colegio Ing. Caminos. Ed. Turner, 1985, 2 vols.
- VIDAL DOMÍNGUEZ, M.^a Jesús: «Viajes de agua de Madrid. Una perspectiva actual», en *Paisajes del agua*, pp. 265-74.
- VIRAVENS Y PASTOR, Rafael: *Crónica de la ciudad de Alicante*. Alicante, 1876, 469 p. Ed. fac. Alicante, A. Soler, 1976.
- XIMÉNEZ, Fr. Andrés: *Descripción del Real Monasterio del Escorial*. Madrid, Imp. A. Marí.
- YANGUAS Y MIRANDA, José: *Diccionario histórico-político de Tudela*. Zaragoza, Imp. Andrés Sebastián, 1823, reimpr. 1828.

FIGURA 1
ESQUEMA DE FUERZAS



- A) En una presa de gravedad, en sección.
B) En una presa-bóveda, en planta.

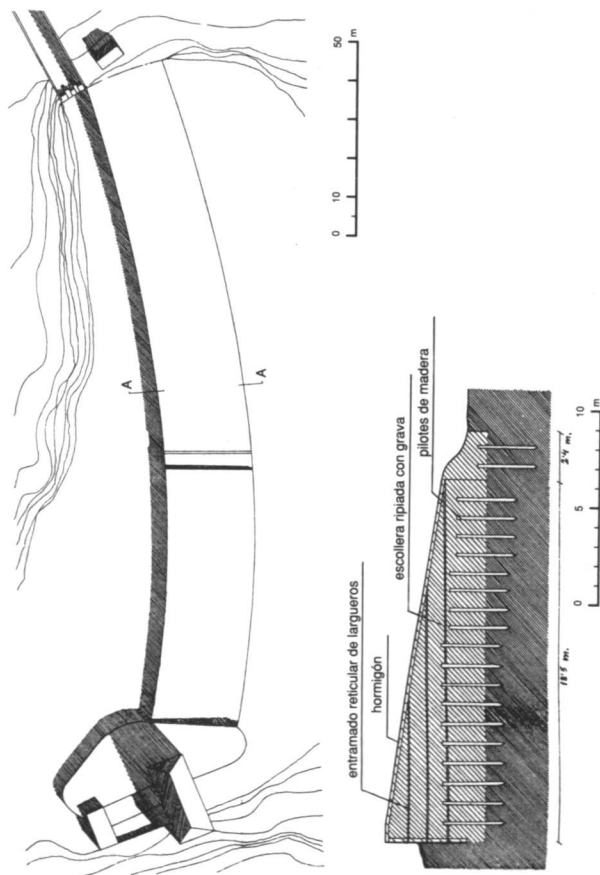
FIGURA 2
PRESA DE LA GRANJILLA 2 (El Escorial)
Corte



Muro de mampostería y ancho espaldón de tierra (según Catálogo de Fernández Ordóñez).

FIGURA 3

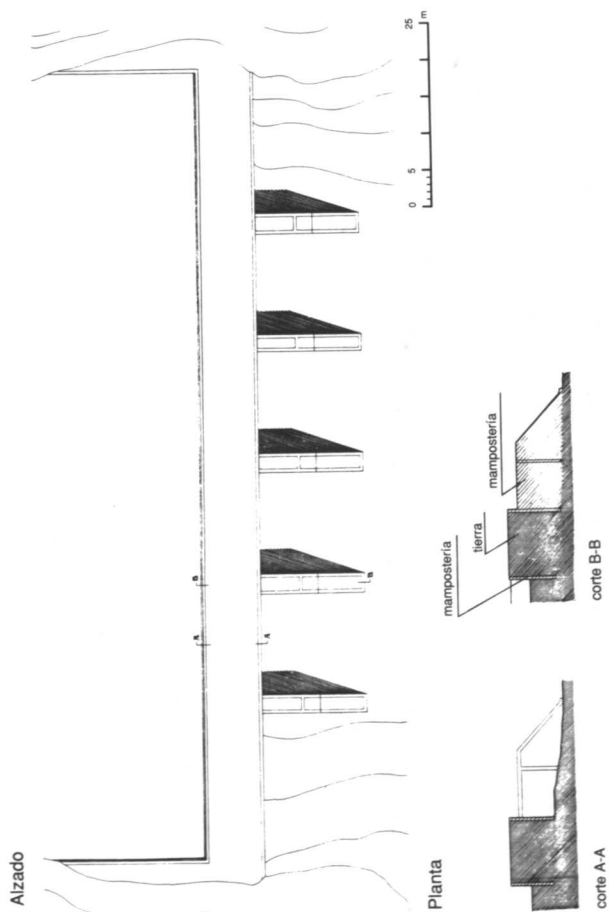
PRESA DE EL EMBOCADOR, EN EL TAJO (Aranjuez)



Concavidad hacia aguas arriba; en la sección, pilotes de madera y relleno de grava (según Catálogo de Fernández Ordóñez).

FIGURA 4

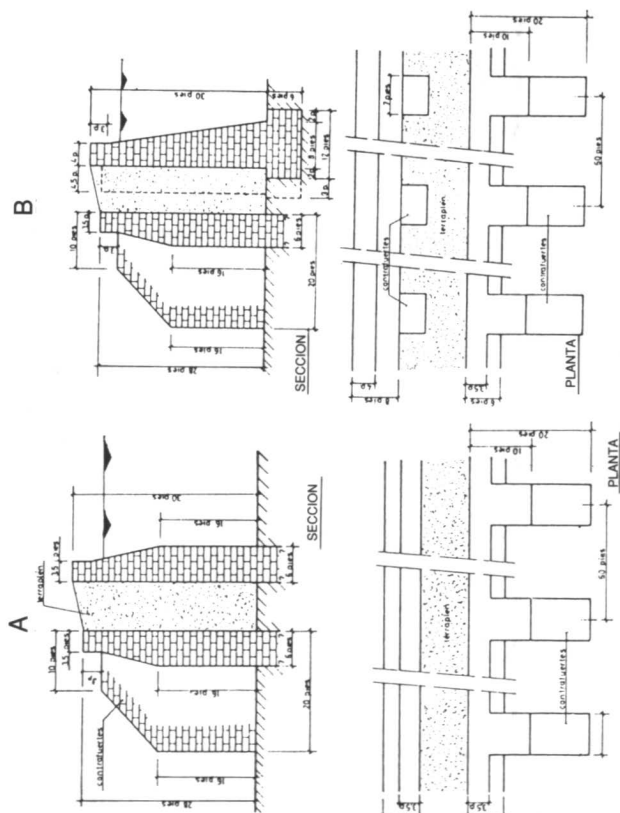
PRESA DE ONTIGOLA (Aranjuez)



Grandes contrafuertes en muro de aguas abajo.

FIGURA 5

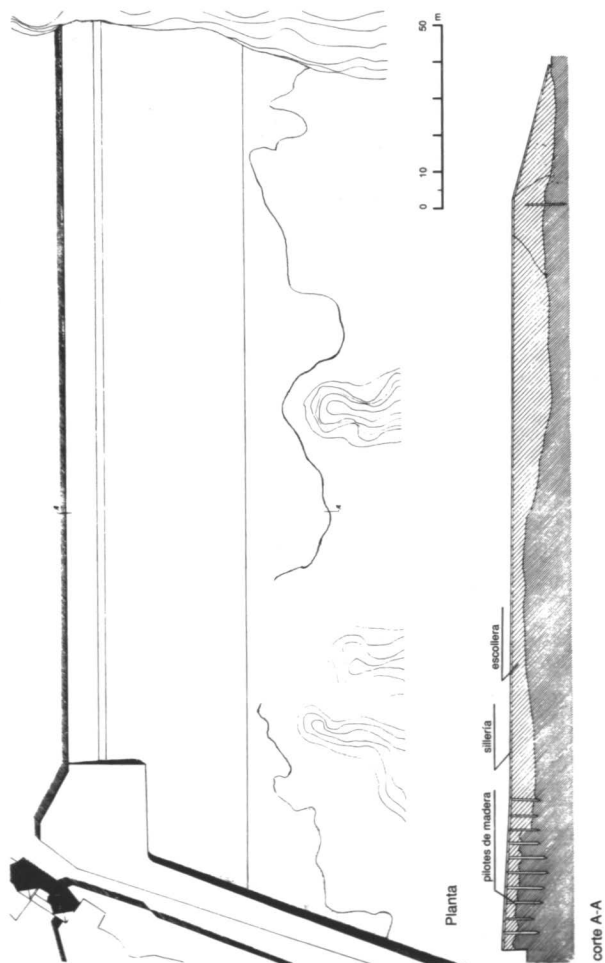
PRESA DE ONTIGOLA



Sección y planta. Dos muros y relleno de tierra. Izquierda, segundo proyecto, contrafuertes en muro de aguas abajo; tercer proyecto, también pilas tras interiores en el otro muro, señaladas con trazos en la sección (según García Tapia y Rivero Blanco).

FIGURA 6

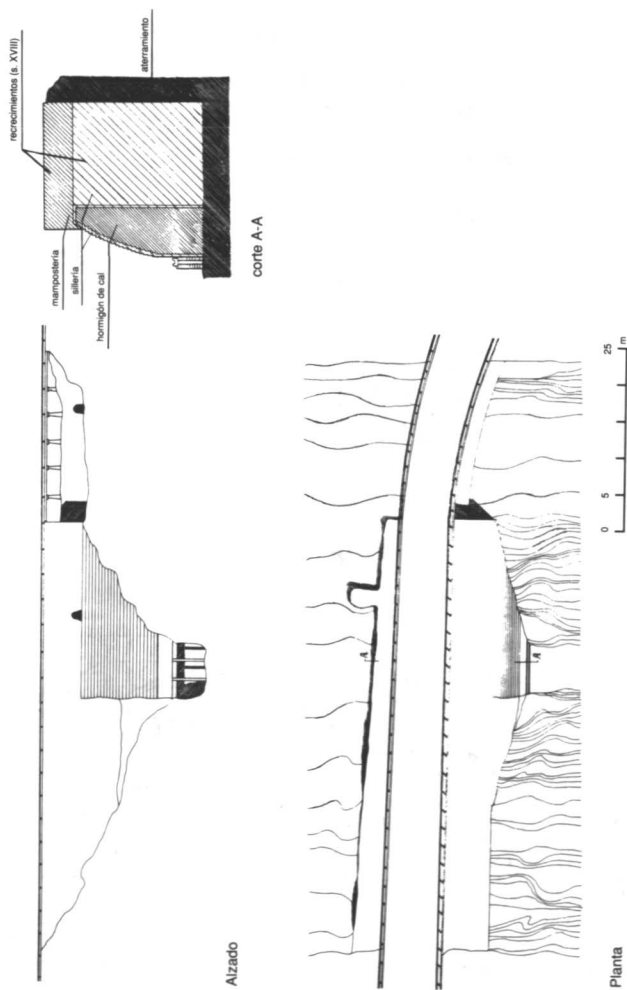
PRESA DE CARLOS V EN EL EBRO PARA EL CANAL IMPERIAL



Pilotes de madera y gran espaldón de escollera (según Catálogo de Fernández Ordóñez).

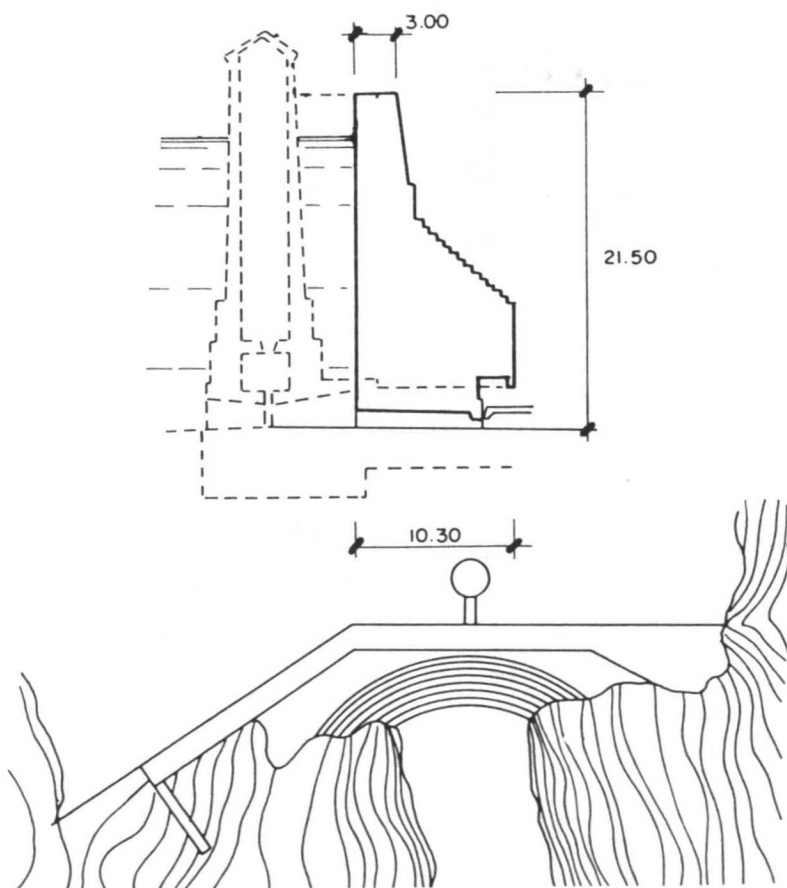
FIGURA 7

PRESA DE ALMONACID DE LA CUBA (Zaragoza)



Primera parte con pequeños escalones aguas abajo; recrecimiento y ensanche delantero del XVIII (según Catálogo de Fernández Ordóñez).

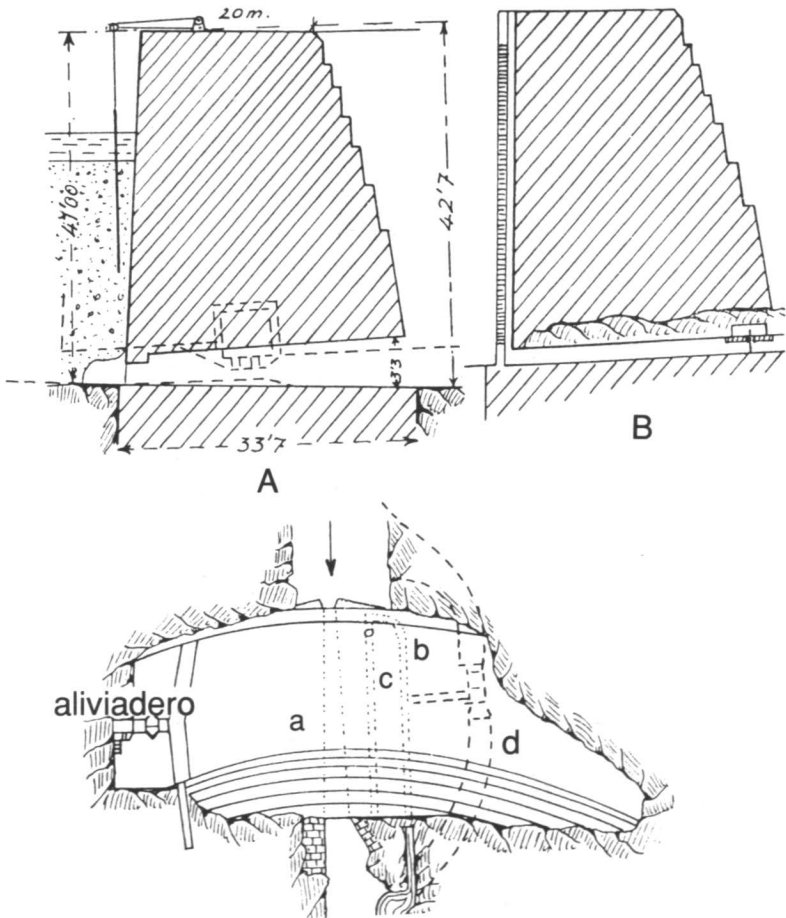
FIGURA 8
PRESA DE ALMANSA



Arriba, sección vertical; en trazos torre de toma y desagüe modernos. Abajo, planta, parte antigua en arco y recrecimiento poligonal con aliviadero (a la izda.) (según Aymard y Confederación Hidrográfica).

FIGURA 9

PRESA DE TIBI (Alicante)

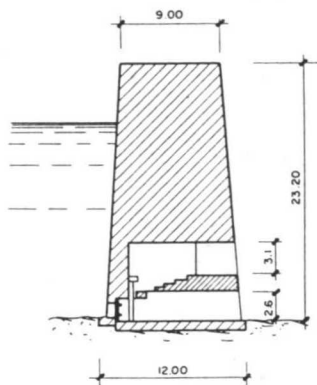


A) Sección por el desagüe de fondo antiguo y perforación de depósitos con barrena; en trazos obra moderna lateral.

B) Sección por la toma de agua en pozo con aspilleras y galería.

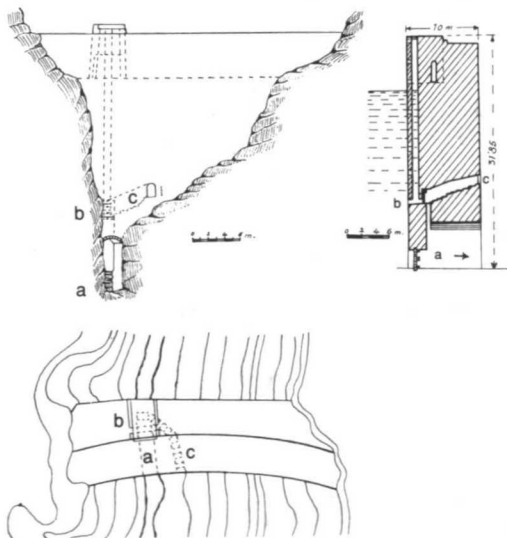
C) Planta; en puntos a) desagüe de fondo antiguo; b) galería de toma de agua; c) id. primitiva; d) en trazos, desagüe de fondo actual (según Aymard y Confederación Hidrográfica).

FIGURA 10
PRESA DE ELCHE



Sección. Galería superior sobre el desagüe (según Confederación Hidrográfica).

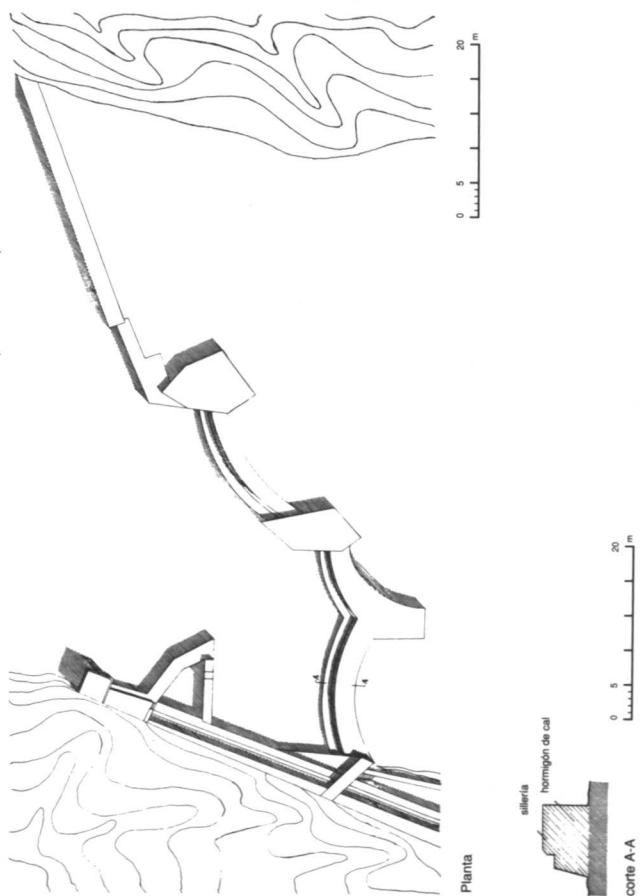
FIGURA 11
PRESA DE RELLEU (Alicante)



Frente de aguas abajo, sección y planta; a) desagüe único; b) toma de agua (pozo con aspilleras); c) galería superior de acceso (según Confederación Hidrográfica).

FIGURA 12

AZUD DE VILLARREAL (Castellón)



Arcos convexos hacia aguas arriba (según Catálogo de Fernández Ordóñez).

