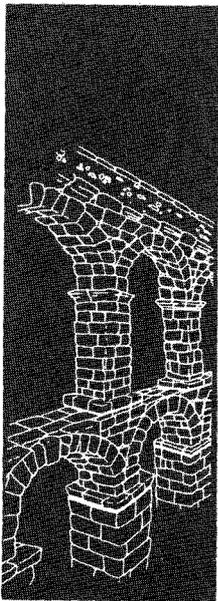


Esquema histórico de la Ingeniería y la gestión del agua en España

Manuel Díaz-Marta Pinilla



El reciente interés por la historia de la ingeniería hidráulica en España ha dado lugar a importantes investigaciones y publicaciones. Gracias a ellas, ha mejorado nuestro conocimiento de las causas que contribuyeron al auge y decaimiento de las actividades hidráulicas en determinadas épocas y de las insuficiencias técnicas, políticas y económicas que impidieron la realización de muchos proyectos ambiciosos; podremos también descubrir la génesis de nuestras brillantes aportaciones a las técnicas de gestión del agua de que nos enorgullecemos e igualmente los errores conceptuales o técnicos cometidos en el pasado. El aumento de estos conocimientos históricos nos ayudará, además, a evitar desaciertos en las decisiones hidráulicas del presente y de un inmediato futuro.

Pero la forzosa brevedad de este ensayo nos obliga a reducirlo a un esquema de los trabajos hidráulicos más importantes en nuestro país y a algunas reflexiones sobre sus problemas.

OBRAS HIDRÁULICAS HISPANORROMANAS

La escasez e irregularidad de las precipitaciones pluviales en gran parte de la Península Ibérica obligó a sus habitantes, desde tiempos remotos, a obtener el agua necesaria para su sustento y sus rudimentarios cultivos mediante algunas obras hidráulicas. En las del Levante español, de supuesto origen romano o musulmán, se han encontrado residuos de civilizaciones anteriores. Lorenzo Pardo atribuía tradición autóctona a algunas obras hidráulicas antiguas, pero la captación y uso del agua antes de la dominación romana es un tema pendiente de estudio.

La necesidad de abastecer a las legiones romanas, a sus ciudades y campos de cultivo y a sus industrias, dio lugar a la construcción de numerosos acueductos. Entre éstos descuella el de Segovia por su monumental arquería, formada por 108 arcadas, de las cuales 44 son de doble piso y 4,90 m de luz. El puente acueducto tiene 818 m de longitud y 31 m de altura máxima, y todo él está fabricado con bien labrados sillares.

Un puente acueducto grandioso, hoy totalmente arruinado, cruzaba el río Tajo frente al Alcázar de Toledo. Rey Pastor supone que el agua pasaba sobre el puente en conducción abierta, a unos 80 m de altura sobre el río, mientras que Fernández Casado piensa que con tubería en sifón. Aun en esta hipótesis, si juzgamos por los arranques de sus arcos, la altura de la obra no bajaría de 45 m, ni la luz del arco central de 30 m, por lo cual debió de ser el puente más alto y arries-

gado de su época. La conducción de agua, de 38 km de longitud, provenía de la presa de Alcantarilla, sobre el río Guajaraz, próxima a los Montes de Toledo.

Entre otros acueductos notables, merecen ser citados: el de Tarragona, del que se conserva el magnífico puente de las Ferreras, con 26 m de longitud y 28 m de altura; el de la antigua Gades, que tomaba las aguas del río Guadalete y, tras un recorrido de 80 km, cruzaba el Bajo de Sancti Petri por medio de una tubería submarina, en sifón, formada por caños de piedra labrada; el de Segóbriga, cuyo primer tramo puede servir como modelo de captación longitudinal de aguas en un valle fluvial; el de Almuñécar, al que Fernández Casado presenta como un muestrario de todos los elementos constructivos reunidos en la época romana, y todavía en la presente, para abastecer de agua a las ciudades.

Merece atención especial el conjunto de acueductos que abastecían a Emérita Augusta (Mérida). El de Cornalbo, que se cree el más antiguo, tenía su origen en una galería filtrante a lo largo del arroyo Albarregas. Su conducción hasta Mérida, de unos 15 km, estaba enterrada en su mayor parte. Para ampliar sus caudales se edificó la presa de Cornalbo inmediatamente arriba de la galería filtrante, probablemente en el siglo II. El acueducto de Rabo de Buey se originaba en unos manantiales próximos a Mérida y cruzaba el Albarregas con un puente del que sólo queda una arcada. El resto acabó de sucumbir en el siglo XV al construir en el mismo lugar el de San Lázaro. Otro acueducto se originaba en la presa de Proserpina con 9 km de canal y cruzaba la depresión del Albarregas con el magnífico puente acueducto de Los Milagros. Éste se iniciaba con un desarenador, continuaba 40 metros sobre muros y quinientos más sobre una arquería con 70 pilares —de los cuales se conservan parcialmente 36— hasta llegar al depósito terminal. Las ruinas de este acueducto, con tres pisos u órdenes de arcos, 28 m de altura y fábrica mixta de piedra y ladrillo, ofrecen un panorama sorprendente de colorido y belleza.

Como ejemplo de conducciones de agua hay que mencionar el canal de Cella, derivado del río Guadalaviar cerca de Albarracín (Teruel), que se utilizaba para riego, y el canal de Castropodese, al occidente de León, derivado del río Castriello y utilizado para socavar y lavar las tierras de una explotación aurífera.

Los acueductos hispanorromanos, conservados o en ruinas, han sido una lección de buen hacer para los constructores españoles de todos los tiempos. En la cabecera de estos acue-

ductos hay captaciones de manantiales, galerías filtrantes y presas de derivación y embalse; en sus conducciones, canales superficiales y enterrados, tuberías en sifón, puentes acueductos, túneles y pequeños depósitos y registros; y en sus sistemas de distribución, desarenadores, depósitos reguladores y conductos a fuentes públicas, termas y edificios.

LAS PRESAS HISPANORROMANAS

Las presas de la época romana también han servido como lección constructiva para generaciones posteriores. Como más notables y todavía en servicio, citaremos en primer lugar las presas de Cornalbo y Proserpina.

La presa de Cornalbo destaca por sus dimensiones —20 m de altura, 220 m de longitud y 7 de anchura en coronación— y por la originalidad y perfección de su estructura. Por su sección trapezoidal recuerda a las actuales presas de tierra, pero en ésta, el faldón del lado del embalse tiene 14 muretes normales al eje de la presa y 3 paralelos a dicho eje. Los casetones de esta cuadrícula se rellenaban con piedras y arcilla. El talud de aguas arriba tiene escalones de sillarejos en su parte alta y sillares más tendidos en la baja. El faldón de aguas abajo es un espaldón de tierra cubierto de vegetación. La torre de maniobra, exenta, con su fábrica de sillares, y la pasarela que la une con la presa, completan la apariencia de modernidad de esta antigua obra.

La presa de Proserpina está constituida por un esbelto muro del lado del embalse y un espaldón de tierra para contrarrestar el empuje del agua. El muro tiene paramento de sillares del lado del embalse, hormigón en el centro y mampostería del lado opuesto. Siete arosos contrafuertes realzan la belleza del muro y ayudan a soportar el empuje de las tierras a embalse vacío.

Esta presa es la única de su clase que se conserva en funcionamiento. Otras del mismo tipo, también importantes, fueron la de Alcantarilla, origen del acueducto de Toledo, que tenía 17 m de altura y 557 de longitud, de la que han quedado grandes fragmentos del muro sobre el terreno, y la de Consuegra, sobre el río Amarguillo, con 700 m de longitud y altura máxima de 5 a 6 metros, que formaba parte del abastecimiento de dicha población. De ésta sólo queda el muro, a excepción de su porción izquierda, y los restos de una toma de aguas.

Otra presa cercana a Mérida es la de Esparragalejo, de arcos y contrafuertes, la más antigua de este tipo que se conoce. Su forma en planta, con arcos más aplanados y contrafuertes más cortos del centro a las orillas, es como el alzado de un puente de arcos múltiples. Esta presa, hoy nuevamente en servicio, se supone que abasteció de agua a una legión romana.

Es de notar que las presas romanas más importantes se construyeron en cauces de corriente escasa o discontinua, con lo que facilitaban su cimentación. Una excepción fue la de San Marcos, sobre el río Vero, afluente del Cinca: su construcción sobre un cauce rocoso con saliente de piedra en el centro, permitía el fácil desvío del agua y daba consistencia al muro. Seguramente a esto se debe el que a pesar de su esbeltez —10,7 m de altura, 2,2 m de espesor en su coronación, poco más en la base y 32,4 m de longitud— resistiera el empuje de las aguas y su vertido sobre la presa.

El llenado de los principales embalses de la época se completaba captando las aguas de laderas y arroyos próximos a su cuenca. Los que abastecían a las ciudades funcionaban como cisternas: las aguas turbias se desviaban a otros cauces y sólo las limpias se introducían en el embalse.

Foto: JAFD

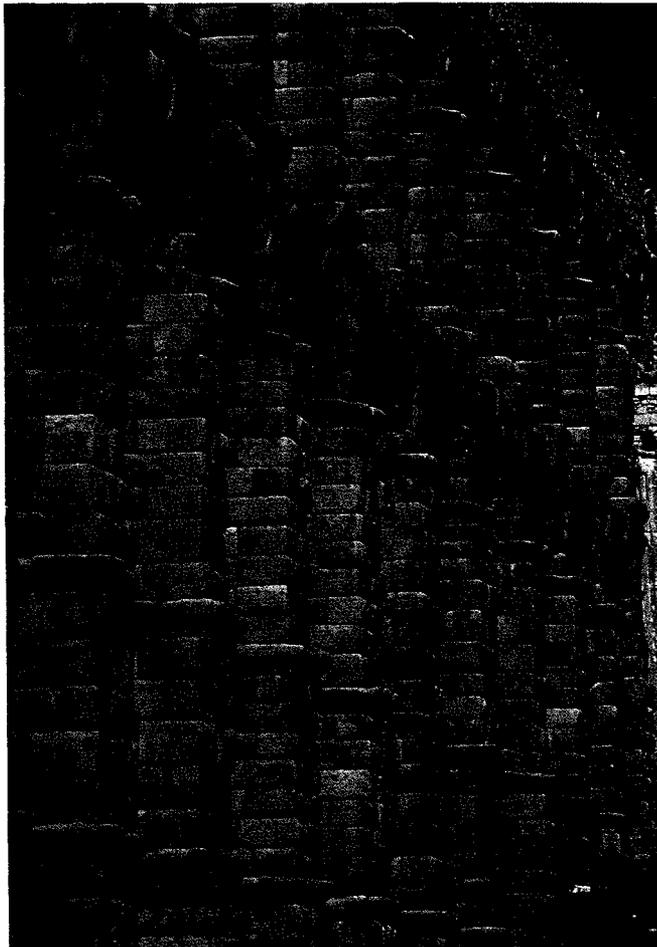


Fig. 1. El acueducto de Segovia ofrece esta visión impresionante a la entrada en la ciudad.



Atendiendo a su estructura, las presas hispanorromanas pueden agruparse en cuatro categorías:

- Las de simple muro de piedra, entre las que se cuentan las de altura inferior a 5 metros.
- Las de muro de piedra con contrafuertes, como las de Esparragalejo, Iturriandoz y la recientemente descubierta en el término de Noblejas (Toledo).
- Las que tienen un muro del lado del agua y un espaldón de tierra del opuesto: presas de Alcantarilla, Proserpina y Consuegra, y probablemente otras de menor importancia en las que ha desaparecido el terraplén.
- Las presas de tierra, de las cuales sólo ha quedado la de Cornalbo, aunque su perfecta forma induce a pensar en un mayor número de presas de ese tipo.

OBRAS HIDRÁULICAS EN LA EDAD MEDIA

La decadencia general de los trabajos hidráulicos en Europa no se produjo en España más que en algunos aspectos. Los árabes no construyeron grandes presas, pero fueron maestros en el arte de derivar y distribuir las aguas por primorosas redes de acequias y azudes y, además, reconstruyeron e hicieron importantes presas de derivación para regar sus famosas huertas. Tal es el caso de los diez azudes del Turia, cerca de Valencia, que, aunque se suponían fabricados por los árabes, ahora se cree, con Jaubert de Possa, que son de origen romano reconstruidos durante la dominación arábiga, probablemente en el siglo X. Estos azudes eran de escasa altura —entre 1,0 y 3,5 metros— y de anchura mucho mayor. A lo largo de los años han sido objeto de numerosas reparaciones y modificaciones, pero aún subsisten en sus primitivos emplazamientos.

“La Parada”, en el río Segura, es el azud del que salen las acequias de Algibia y Aljuba, claves del regadío de las Vegas de Murcia y Orihuela. Este azud, destruido por furiosas riadas y recompuesto con sucesivos refuerzos y ampliaciones, consta de tres cuerpos: el Azud Nuevo, a la derecha, con 7,5 metros de altura máxima, 75 de longitud y 50 de anchura; el Azud Viejo, en el centro, con 8,1 m de altura máxima, 31 m de longitud y 15 de anchura; y el murallón, a la izquierda, con 200 m de longitud, que da paso al desagüe de fondo de ese margen. Su estructura es típica en los azudes levantinos: cuerpo interior de cantos aglomerados con mortero de cal y recubrimiento de piedra concertada.

Otro tipo de pequeñas presas, predominante en muchos ríos hispanos, es el de los azudes del Tajo, en Toledo y cerca de Aranjuez. Consiste en un entramado de maderas, en forma de prisma triangular o trapecial, afianzado al suelo con pilotes y relleno de piedras o cantos del río. La suave inclinación de su cara superior hace que las aguas deslicen sobre el azud sin causar desperfectos.

Los azudes de los árabes se reconstruían después de la Reconquista; pero también hubo muchos iniciados por los cristianos. Entre éstos merecen recordarse dos azudes del Llobregat: el construido por el Conde Mir en el siglo X para regadíos y molinos de la margen izquierda, y el de Ferrer y Mora en el siglo XIV, con los mismos fines, ambos de estructura similar a los del Tajo.

La construcción de presas de embalse, abandonada desde la época romana, se reanudó en la Baja Edad Media. La de Almonacid de la Cuba, en el Aguas Vivas, afluente del Ebro, construida durante el reinado de Jaime I de Aragón, se considera la más antigua de los reinos cristianos de la Península. Al terminarse, ya en el siglo XIV, esta presa de gravedad y planta recta tenía 20 m de altura, 8 de espesor en coronación y 77 de longitud. Pero la presa más notable fue la de Almansa, terminada en 1384, con 14,4 metros de altura y paramentos de sillería, el de aguas abajo escalonado, que puede considerarse antecedente de las célebres presas de Alicante de los siglos XVI y XVII.

La iniciación y mejora de canales y acequias de riego tuvo importancia al sur de Cataluña y en Aragón. La autorización para construir la acequia de Piñana fue el premio dado por Ramón Berenguer IV a los cien hombres que en 1147 tomaron la villa de Almenar. Siglos antes, los árabes regaban la huerta de Lérida con aguas del Ribera Ribagorzana, mas el origen de sus riegos parece remontarse a la época romana. Otro ejemplo, en Aragón, es el establecimiento de Camarera, fundado en 1263, que comprendía un azud de escollera en el río Gállego y un canal por la margen izquierda.

De singular importancia fue el perfeccionamiento de los sistemas y métodos de riego durante los últimos siglos de la Edad Media. Sánchez Giménez, refiriéndose a la acequia del Júcar, comenta que Jaime I, a raíz de la conquista de Alcira, “inició las obras ayudado económicamente por todos los vecinos, a los que reconoció el riego en todo su término mediante el pago de una cuota anual según consta en Bula de 1244”.

El perfeccionamiento de los métodos de riego se logró, por otra parte, con una sabia distribución de las aguas, no sólo en el espacio sino también en el tiempo, estableciendo sistemas de dulas o turnos entre los regantes. Donde había bastante agua, como en las vegas del Turia y el Júcar, la dotación de agua se vinculaba a la propiedad de la tierra. Pero donde el agua era más escasa, como en los valles de Alicante y otras zonas del sureste, se consideraba como una mercancía, en cierto modo desligada de la tierra. Estos métodos de riego pasaron a las Canarias, a finales del siglo XV y principios del XVI; allí fueron perfeccionados para lograr un aprovechamiento del agua aún más estricto, y más tarde pasaron a tierras americanas, trasplantados por colonos canarios.



Fig. 2. Presa de Esparragalejo, considerada la más antigua de arcos y contrafuertes.



Fig. 3. La “Contraparada” en el río Segura: presa que da origen a las antiguas acequias de las vegas de Murcia y Orihuela. (Figura tomada de «Catálogo de Treinta Canales Españoles anteriores a 1900», de J. A. Fernández Ordóñez. C.E.H.O.P.U.).

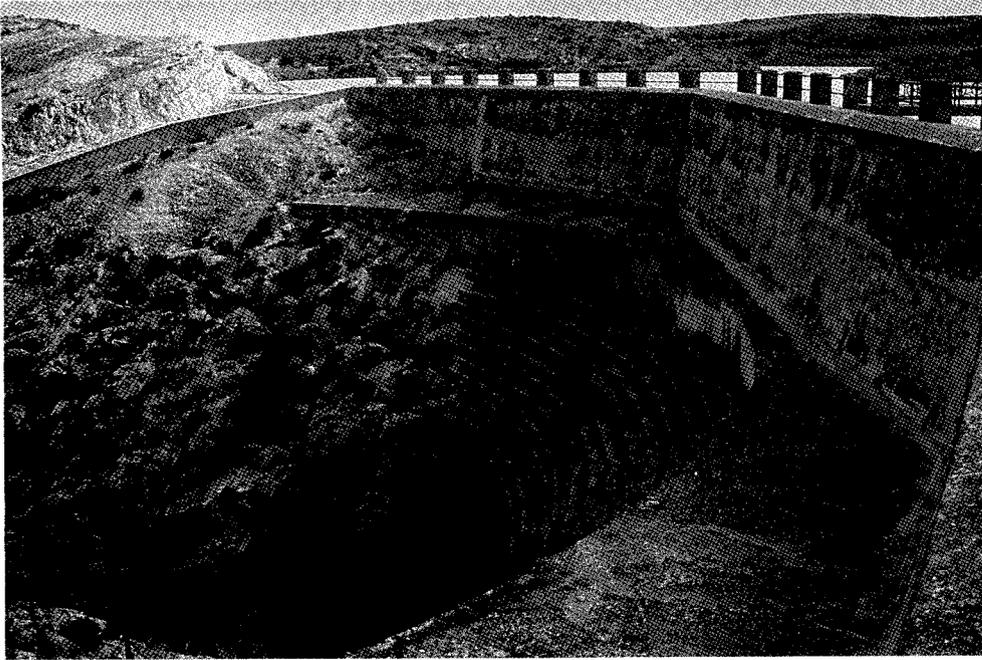


Fig. 4. La Presa de Almansa, terminada en 1384, con paramentos de sillería, escalonado el de aguas abajo.

El desarrollo de los regadíos en otras zonas de la Península fue notablemente inferior al que tuvo en tierras del Ebro y de Levante. Esto no debe achacarse, como se ha venido haciendo, a indiferencia o aversión hacia los cultivos de regadío al poniente de los Montes Ibéricos, ni a distintas actitudes para el trabajo de los pueblos invasores, puesto que en ambas vertientes fueron los mismos. Se debe, simplemente, a que la vertiente mediterránea, por su mayor pendiente, capta las aguas infiltradas en las sierras, lomeríos y planicies del lado opuesto, asegurando así la permanencia de caudales razonables durante los estiajes, y privando de esos caudales a la vertiente atlántica. Pero donde los caudales de estiaje eran seguros, como en la Vera del Tiétar, al sur de Gredos, en las riberas del Tajo en Aranjuez y Toledo o en la Vega de Granada, los regadíos son de tradición muy antigua.

En cuanto a las aguas subterráneas, la España musulmana estableció un sistema primitivo de infiltración, fertilizando los valles y laderas de las Alpujarras. La Asociación Guadalfeo afirma que la primera regulación de este río fue realizada por los árabes al construir una serie de acequias en la vertiente sur de Sierra Nevada para reunir las aguas de ventisqueros y chorreras desde los 2.500 metros de altitud y verterlas a unas acequias durante la primavera. De este modo aprovechaban "la capacidad natural de almacenamiento de la montaña, recogiendo a mil metros de altura, de forma regulada, las aguas del deshielo". Las acequias se construían de tierra y lama, para que se infiltrara parte de su caudal, con lo cual la Alpujarra estaba seca en las cotas superiores a las acequias y vegetada en las inferiores. Tal vez estas acequias fueran hechas con intención de regar o drenar prados de montaña, pero el caso es que forman el primer sistema artificial de recarga de acuíferos de que hay noticia en nuestro suelo.

LOS TRABAJOS HIDRÁULICOS DEL SIGLO XVI AL XVIII

Las tradiciones de riego creadas por cristianos y musulmanes durante la Edad Media y la aportación de nuevas ideas y conocimientos de ingeniería hidráulica por técnicos de países europeos, propiciaron el desarrollo de las obras hidráulicas a partir del siglo XVI.

Hubo, curiosamente, adelantos comarcales de carácter autóctono, que conocemos por recientes investigaciones, gracias a las cuales podemos agregar a las célebres presas de Alicante otras construcciones comparables en mérito y originalidad.

LAS PRESAS EXTREMEÑAS

Las publicaciones de García-Diego y de Fernández Ordóñez y sus alumnos dan cuenta de unas presas en Extremadura, antes prácticamente desconocidas. La presa de Lancho, datada en 1398, de gravedad y contrafuertes, de 7 m de altura según la reconstrucción de 1744, parece ser el antecedente más cercano de las construidas a partir del siglo XVI. En 1500 se terminó la presa de Castellar, del mismo tipo, con 19 m de altura y espesor de 6,6 m. La antigüedad y esbeltez de esta presa hacen de gran interés su estudio, hoy difícil por estar sumida en un embalse más alto. De ese siglo son la del Arroyo de la Luz (1550-58), de contrafuertes y 4,1 m de altura; las de Casillas II y I, también de contrafuertes, la última de 8,7 m (1565-70), y la presa de Trujillo, o Alberca de San Jorge, con 11 m de altura y 7 de espesor. Esta presa fue empezada en 1572, según proyecto de Francisco Becerra, a quien se debe también el de Casillas II, en colaboración con Sancho de Cabrera. En el siglo XVII, la presa extremeña más importante fue la de Casabaya, en Jerez de los Caballeros, con altura de 16 m, espesor en coronación de 6 y planta recta. Sus contrafuertes fueron agregados ya en la centuria siguiente. Del XVIII son dos presas notables por sus dimensiones y diseño: la Albuera de Feria (1724), con 24 m, que es la presa extremeña más alta de los pasados siglos, y la de Zalamea de la Serena, con 17 m de altura. Durante el siglo XIX se hicieron algunas presas típicas, hasta que en su cuarto final los ingenieros hidráulicos de la Escuela de Madrid impusieron otras normas constructivas.





Figs. 5 y 6. Presas típicas de Extremadura, siglo XVIII: Albuera de Feria y Zalamea de la Serena.

Del examen de estas presas deducimos que su finalidad principal fue proporcionar fuerza motriz a los molinos de trigo y otros cereales; también se utilizaron para abastecimientos de poblaciones, abrevadero de ganado, lavado de lanas y criadero de peces. El escaso caudal de los ríos represados impedía utilizarlas en riegos de alguna extensión. Vemos también que las presas más numerosas fueron las formadas por muros con contrafuertes. Su desarrollo pudo inspirarse en la presa de Esparragalejo y en otras de la época romana existentes en Extremadura. Muchas presas de fábrica con contrafuertes, parecidas a las extremeñas, fueron levantadas en América durante el período colonial. Todo hace pensar en la intervención de constructores extremeños, pero su presencia en el Nuevo Mundo no está bien documentada.

LAS PRESAS DE ALICANTE

Estas presas, famosas en el mundo, se construyeron para satisfacer las demandas de agua de antiguos regadíos en constante crecimiento. Fueron construidas por iniciativa de los usuarios y con el apoyo de los reyes, y se hicieron del tipo de gravedad o arco-gravedad, con paramento de sillería, el de aguas abajo escalonado, y núcleo interno de mampostería con mortero de cal.

La presa de Tibi se empezó por los regantes en 1580 en un angosto del río Monegre con farallones casi verticales y se paralizó cuatro años después. En 1589, los interesados pidieron ayuda a Felipe II. El rey adelantó los fondos necesarios y envió como director a Cristóbal de Antonelli. Por fin, en 1594, se dio por terminada la presa, cuando tenía 42,7 m de altura, y aunque no alcanzó los 52 m proyectados, ha sido durante siglos la más alta del mundo. Tiene 9 m de orilla a orilla en su parte inferior y 65 m en su coronación, y su espesor en la parte alta es de 20 m. Su paramento de aguas abajo presenta seis escalones de huella muy reducida.

Los campos de Elche se regaban con aguas del río Vinalopó, pero las derivaciones de agua para los riegos de arriba obligaron a represar sus aguas. El acuerdo de hacer la presa se tomó en 1586, y el proyecto, encargado a Joanes de Temple, fue aprobado en 1632, terminándose la obra en 1640. La presa es de planta curva, con altura de 23 metros, espesores de 12 m en la base y 9 en la coronación y longitud de 72 m. La toma de aguas se hace por un pozo de aspilleras y el desagüe de fondo por una galería perforada en la ladera rocosa. Esta presa transfiere el empuje del agua a las laderas, por lo que puede considerarse como la primera que funcionó como presa en arco.

La de Relleu, cercana a Villajolosa, se construyó para regular los caudales del río Amatori. En 1563, el rey otorgó Privilegio para su construcción. Se terminó en 1689. También es presa en arco y está construida en una garganta excepcio-

nalmente angosta, con 1,32 m de orilla a orilla en su parte inferior y 40 en su coronación. Tiene 28 m de altura y los paramentos del muro están formados, como en las otras presas alicantinas, por sillares de piedra caliza.

LAS PRESAS Y REGADÍOS MURCIANOS

Las obras hidráulicas en la región murciana constituyen un tema de estudios de excepcional interés, tanto por su importancia como por la perseverancia de los usuarios en sus demandas y las dificultades y contratiempos a vencer durante su construcción.

En la segunda mitad del siglo XVI, las ciudades de Lorca, Murcia y Cartagena presentaron un proyecto para traspasar agua de los ríos Castрил y Guardal, afluentes del Guadalquivir, a la cuenca del Segura. Felipe II, en 1577, envió a su ingeniero Gerónimo Gili para comprobar la factibilidad del canal. Sus nivelaciones aconsejaron el cese de la obra. Hubo otros empujes y terminaciones, hasta que bien entrado el siglo XVII don Próspero de Borbón recomendó su abandono.

Ante el éxito de las presas de Almansa y Tibi, el Ayuntamiento de Lorca acordó la construcción de una presa en el Estrecho de Puentes. Las obras dieron comienzo el 16 de septiembre de 1646 bajo la dirección del arquitecto Pedro Guillén. Éste, al no encontrar roca en la parte angosta del estrecho, dispuso cimentar la presa sobre una especie de puente de dos arcos, con estribos en las laderas rocosas y apoyo central en un basamento sobre pilotes hincados en el lecho del río. Encima de estos arcos dispuso otro de mayor luz para aliviar el peso sobre los inferiores. Los espacios entre arcos fueron macizados para reforzar el conjunto. El 14 de abril de 1648 se terminó el cimientado, pero a medida que los trabajos avanzaban, aumentaban las filtraciones a través del lecho. El 6 de agosto una riada arrasó la construcción.

La idea de trasvasar el Castрил y el Guardal, abandonada por los Austrias, resurgió con los Borbones. En 1742, el ingeniero Perignán recibió el encargo de estudiar la factibilidad del canal de Murcia y propuso una solución. El empresario Pedro Prádez, en 1770, solicitó la concesión para hacer el canal. Una vez obtenida, el francés Lemaur y el holandés Prayenhoff recibieron el encargo de hacer el proyecto. Éste mejoraba el riego de las vegas y creaba una navegación interior, con un canal principal de 287 km que terminaba en dos ramales, uno hasta el Mar Menor y otro hasta el cabo de Palos. Como nada práctico se hizo, en 1776 se anuló la concesión a Prádez y se constituyó la Compañía del canal de Murcia, bajo la dirección del francés Boizot.

En 1780 una Comisión de ingenieros y arquitectos ilustres dictaminó que los aforos eran abultados, los trabajos deficientes técnicamente y el trasvase del Castрил imposible o muy difícil. La realidad se imponía por fin y Carlos III, el 11 de febrero

de 1785, decretaba el abandono del canal y la construcción de dos presas en el estrecho de Puentes. De nuevo la atención recaía en represar el río Guadalentín. Juan Martínez de Lara, ayudante del arquitecto Juan de Villanueva, había elaborado los proyectos. La disposición de dos presas consecutivas pudo ser acertada, pero se cometía el error de erigir la presa de Puentes donde la anterior, sin más cambio que el de los arcos de descarga antes citados por un entablamiento o plataforma sobre pilotes hincados en el lecho.

Las obras se iniciaron el 1 de marzo de 1785, a los 18 días de la firma del Decreto. La presa de Valdeinferno se construyó sobre cimientos de roca, terminándose sin dificultades al

cabo de seis años. La de Puentes, tras no pocas contingencias, se acabó al mismo tiempo, pero el 30 de abril de 1802 sucumbió ante una gran riada.

Según cuentan los testigos, las aguas transminaron el lecho en que se sustentaba la presa. Aparecieron surtidores de agua turbia, con arena y otras materias sólidas, que agradaban sin cesar y expulsaban piedras, fragmentos del dique, maderas y pilotes, hasta que, por falta de apoyo, se desplomó la parte baja de la presa, quedando la alta como puente entre ambas laderas. El agua embalsada se vació de pronto, produciendo una catastrófica riada que causó la muerte de 605 vecinos de Lorca.

Foto: JAFEO

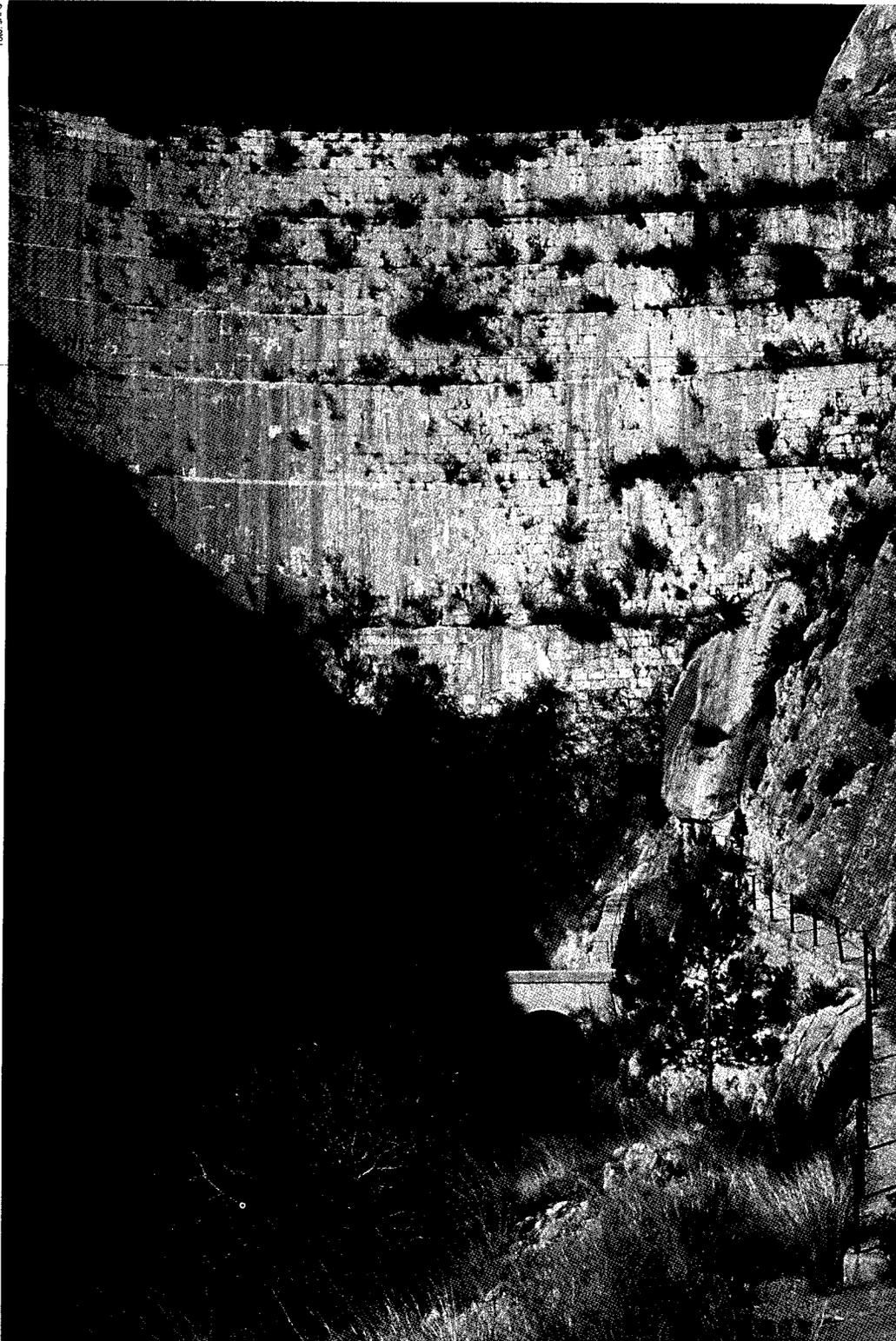


Fig. 7. La Presa de Tibi, del siglo XVI, en el río Monegre, ha sido durante siglos la más alta del mundo.

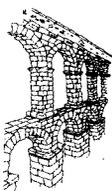


Foto: JACO

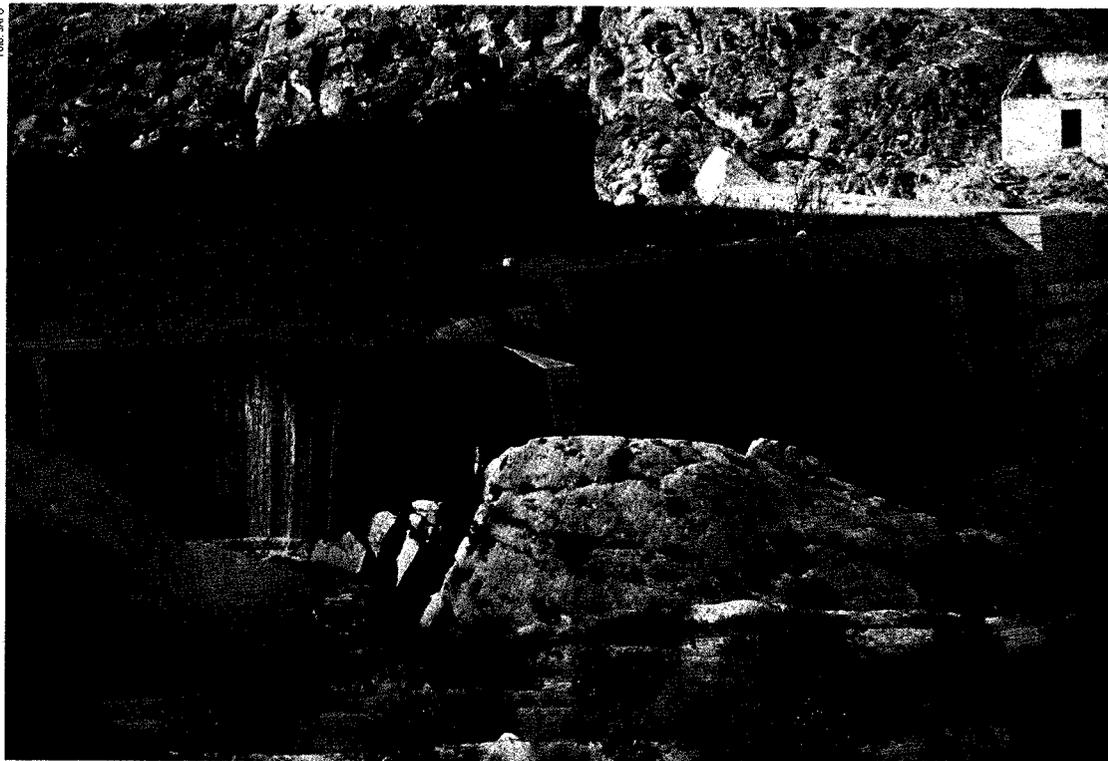


Fig. 8. Presa de Elche en el río Vinalopó; primera presa en arco que trabajó como tal al transmitir sus empujes a las laderas.

LAS PRESAS VIZCAÍNAS

A finales del siglo XVII y principios del XVIII se construyeron en el país vasco unas presas de original estructura con objeto de accionar los fuelles y martillos de las herrerías y suministrarles agua.

En la invención y construcción de esas represas destacó el caballero vizcaíno don Pedro Bernardo Villarreal de Bériz, quien dedicó parte de su vida al estudio de las obras y máquinas hidráulicas. En sus últimos años reunió sus conocimientos en un extraordinario libro calificado por García-Diego "uno de los primeros en ocuparse, de modo especial, del proyecto y construcción de presas".

Su texto abarca desde la presión hidrostática sobre las presas a la descripción de las cinco proyectadas y construidas por el autor. De las dos más antiguas, Ansótegui y Berroeta opina que quedaron "fuertes, hermosas, muy a gusto de sus dueños". La de Guizaburuaga tiene 3 arcos de 9,0, 10,5 y 7,5 m de cuerda, "por aprovechar unos peñascos levantados" que al encajarse en álveos labrados en la roca se convierten en estribos de los arcos. La presa más importante fue la de Bedia (1734-1735), de la que dice su autor: "También se ha fabricado en Bilbao, en el río Caudaloso (Ibarzábal) que pasa por el dicho Bedia y Gualdácana, una presa con cinco arcos, después que se llevó la que se fabricó, a los dos años, muy costosa y de un arco...; y se ha visto la firmeza con que ha quedado esta nueva de cinco arcos". La última proyectada por Villarreal fue la de Laisota, que no llegó a ver concluida, por lo que debió terminarse de 1735 a 1737.

Las presas de arcos y contrafuertes pudieron crearse invención de don Pedro Bernardo, pero la de Esparragalejo, de la época romana, ya era de ese tipo. El invento que no puede disputársele es el dar fuerte talud al paramento de aguas arriba de los arcos, con lo que disminuye el empuje horizontal sobre la presa, aumenta el vertical y, con ello, la estabilidad del dique. Esta invención se ha atribuido al australiano J.A. Deny, que construía sus presas en 1891, 160 años después de que Villarreal de Bériz construyera las suyas.

OBRAS HIDRÁULICAS EN LA CUENCA DEL EBRO

En el Ebro, escenario de los trabajos hidráulicos más numerosos e importantes, la obra más notable fue la Acequia Imperial. Iniciada en el siglo XVI para riego, fue convertida en el XVIII en el Canal Imperial, al agregar a sus fines los de navegación.

Carlos V, en 1528, aprobó el proyecto de Gil de Morlanes y empezó su construcción. En los diez años que duraron las obras se realizó la construcción de la presa «El Bocal», en el río Ebro, la casa de compuertas, un tramo de acequia de sillería y otros de difícil ejecución. Felipe II quiso continuar la obra y contrató al ingeniero italiano Francisco Sitoni, quien también intervino en el canal de Urgell y en los canales de Aranjuez. Sin embargo, no hubo avances sensibles. En 1636, Felipe IV mandó estudiar el trazo del canal y su posible continuación, pero nada se hizo en el siglo XVII ni durante la Guerra de Sucesión.

Con los Borbones se reanudó el interés por las obras. Felipe V ordenó a Sebastián Rodolfi y Bernardo Luna nuevos estudios del canal. Estos, en sus conclusiones, dieron como po-



Fig. 9. Presa de Pignatelli en el Ebro, construida entre 1778 y 1790 para derivar sus aguas al Canal Imperial de Aragón.

Foto: JACO

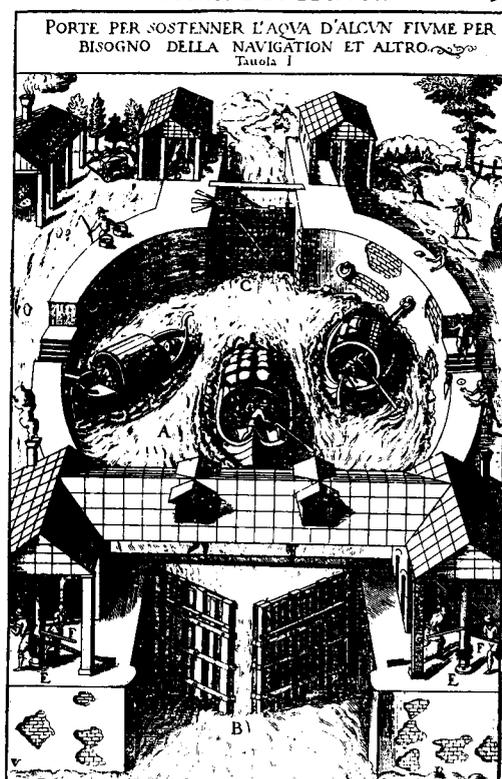


Fig. 10. Esclusa oval que figura en el Tratado de Zonca, del siglo XVII, a la que se asemejan las esclusas del Canal de Castilla.

sible su navegación desde el Bocal del Rey a la Zaida. Pasaron treinta años sin obra alguna, hasta que, en 1766, el francés Badin presentó un proyecto de los ingenieros Bellecasa y Brieu, con ligeras variantes al anterior, y se comprometió a hacer las obras. Los Badin acudieron a unos banqueros holandeses, quienes enviaron al ingeniero Krayenhoff. Este propuso una nueva presa, en la que también intervinieron el ingeniero francés Gil y el español Sánchez Boort. El nuevo emplazamiento, arriba de Tudela, añadía dificultades a una empresa amenazada de desastre económico, y Condom, socio capitalista de la Compañía, denunció los hechos al Consejo de Castilla.

Intervino el Conde de Aranda, y el Gobierno, en mayo de 1772, decidió cambiar la organización, designando a don Ramón Pignatelli "Protector" del canal. Pignatelli estudió la confusa situación de la Compañía Badin y, ante la resistencia y las presiones de ésta, presentó en el año 1774 la dimisión. Confirmado en su puesto, asumió las deudas del canal y se hizo cargo de las obras.

En 1776, Fernando de Ulloa, director del canal de Castilla, y Juan Sánchez Boort, ingeniero de la Marina, llamados por Pignatelli, realizaron un nuevo estudio del Canal. El Protector, siguiendo su consejo, resolvió abandonar las obras arriba de Tudela y edificar una nueva presa más cerca de la de Carlos V. A partir de la incorporación del Canal al Estado, los estudios y proyectos fueron más realistas y las obras se llevaron a cabo con buen ritmo, el cual se hizo más lento con la reducción del presupuesto en 1782 y la muerte de Pignatelli un año más tarde.

A finales del XVIII y principios del XIX se emprendieron proyectos de alcantarillas, almenaras y puentes, suscritos por Guittarte, del Mazo y Lozano, y se realizaron trabajos de limpieza, desbroce e instalación de maquinaria hidráulica.

Obras hidráulicas dignas de mención fueron las realizadas en el tramo final del Ebro para riego de las tierras del Delta con dos canales que partían de la presa de Cherta.

También se construyeron algunas presas durante los siglos XVII y XVIII. La de Arguís, sobre el Izuela, afluente del Cinca, se edificó como presa de gravedad, según proyecto del ma-

temático de Huesca Antonio de Artigas. La obra, de 22,5 m de altura, y una longitud de 32,5 en coronación, se empezó en 1683 y se terminó en 1704. Cuatro años después quedó fuera de servicio. En una reparación efectuada en 1738 se elevó otros 5 metros. La presa, originalmente de sección rectangular, con 10,8 m en la coronación y 12,7 m en la base, fue objeto de otras reparaciones, la última en este siglo, según proyecto de Lorenzo Pardo modificado por Santos Carasa. Finalmente ha quedado con sección triangular, de acuerdo con los actuales criterios.

La presa de Mazacocha, sobre el río Huerva, se propuso en tiempos de Carlos II para asegurar regadíos tradicionales. La obra se hizo como presa de gravedad según el proyecto de Juan Garza. Terminada en 1718, se derrumbó en 1766. En el siglo XIX se plantearon varias reconstrucciones. La definitiva se realizó de 1893 a 1903, según la nueva técnica de presas de gravedad. Todo parece indicar que la construcción de presas de gran altura en Aragón careció en aquel tiempo de técnicos con suficiente experiencia. Mas no podemos decir lo mismo respecto a las otras obras, puesto que en Navarra, La Rioja, Aragón y Cataluña se hicieron numerosos regadíos con aguas de los afluentes del Ebro, en algunos casos derivándolas con azudes rudimentarios, tales como los descritos en los «Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas».

OBRAS HIDRÁULICAS EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS DUERO Y TAJO

En la cuenca del Duero, la idea de comunicar las ciudades entre sí y con el océano tomó fuerza al principio de la Edad Moderna. Los estudios de la navegabilidad del Pisuegra se iniciaron por Fernando el Católico. Posteriormente, las Cortes de Castilla, reunidas en Toledo en 1538 y en Valladolid en 1548, solicitaron del Emperador la apertura de canales de navegación y riego. En Valladolid le pidieron "que hiciera venir a personas expertas a quienes diera comisión de visitar los ríos de Castilla y veriguadas las tierras regables proveyese a su beneficio".



En 1549, Bartolomé Bustamante de Herrera propuso la construcción de tres canales navegables derivados del Carrión, el Pisuerga y el Arlanzón. Los ingenieros alemanes enviados por Carlos V opinaron que el Pisuerga podría hacerse navegable. En 1550 y 1551 se construyó un tramo del canal de Carrión del que no quedan vestigios.

Transcurrieron dos siglos sin avances, hasta que el Marqués de Ensenada, ministro de Fernando VI, se propuso reanudar las obras. Con tal fin contrató, por mediación del ilustre marino Antonio de Ulloa, al ingeniero francés Carlos Lemaur. Éste, en noviembre de 1751, recibió la orden de hacer un proyecto para "facilitar hasta Santander el transporte de los géneros que se cogen en la parte derecha del río Duero". Lemaur, en su primer año de trabajo elaboró el mapa de las tierras entre el Carrión y el Pisuerga, dirigió las tareas de nivelación, organizó el adiestramiento de ingenieros y auxiliares y presentó numerosos proyectos. Entre éstos, la acequia de riego entre el Pisuerga y el Carrión; una modificación de la misma; un primer proyecto del Canal de Campos hasta Medina de Rioseco; el posible enlace de éste con otros canales de Zamora y León y el canal del Pisuerga, o canal del Norte, que acercaría la zona cerealista a los puertos del Cantábrico.

Juan Helguera, en su «Aproximación a la Historia del Canal de Castilla», manifiesta: "Las continuas y a veces incoherentes modificaciones que Lemaur introducía en sus proyectos alarmaron sin duda al Marqués de la Ensenada." Ésta debió de ser la causa de que el ministro confiara a Ulloa, en 1753, la responsabilidad principal de las obras. La colaboración Ulloa-Lemaur quería prolongar el canal del Pisuerga cruzando el Duero para llegar hasta Segovia, pero en junio de 1753 recibió la orden de suspender las nivelaciones y concentrarse en el canal de Campos.

Ulloa redactó una Instrucción para ejecutar las obras que fue observada en todo tiempo. La iniciación de los trabajos

en el canal de Campos permitía abordarlos en orden de menor a mayor dificultad y ganar experiencia para emprender el Canal del Norte. A fines de 1754 Antonio de Ulloa recomendó empezar ese canal y volvió a la Marina. Lemaur también fue relevado. Tras un breve período, fue designado Ingeniero Principal el marino Fernando de Ulloa, hermano de Antonio.

El nuevo jefe proyectó el canal del Norte entre la confluencia del Carrión y el estrecho de Nogales, donde fundó Alar del Rey. Las obras empezaron en 1758 y continuaron treinta y tres años. A fines de 1780, Ulloa propuso la continuación del canal hacia el norte, hasta Quintanilla de las Torres, lo que nunca se hizo. Fernando de Ulloa se jubiló en 1786 y cinco años después se concluyó el canal del Norte y se empezaron a poblar sus márgenes. Con la colocación de compuertas en las esclusas y el enlace con el canal de Campos, quedaron ambos canales abiertos a la navegación desde Paredes de Nava a Alar del Rey.

La construcción de los canales de Castilla muestra que los proyectos iniciales fueron más ambiciosos que las decisiones políticas y que éstas, a su vez, superaron a las obras realizadas. De los siete canales propuestos sólo se acometieron el del Norte, el de Campos y el del Sur y ninguno alcanzó sus metas iniciales.

La ejecución de las obras moderó el desaforado arbitrio inicial y adiestró a ingenieros y operarios en la construcción de canales, puentes, sifones, represas y esclusas. De éstas se construyeron 49; 24 en el Canal del Norte, 18 en el del Sur y 7 en el de Campos. Para disminuir las interrupciones en la marcha de los barcos, se agruparon las esclusas en lugares con resaltes de nivel apropiados. Así, en Frómista, una caída de 14,7 metros se resolvió con cuatro esclusas consecutivas, y en Calahorra y Serón se formaron sendos grupos de esclusas.



Fig. 11. Presa de Gasco.

La navegación, iniciada al finalizar el siglo XVIII, sólo adquirió importancia a mediados del XIX; y no por mucho tiempo. La competencia del ferrocarril redujo el empleo de los canales navegables en el transporte. En ese mismo siglo se inició su conversión en canales de riego, lo que se logró plenamente ya en el actual.

Los saltos de agua creados por las esclusas se utilizaron para producir energía y establecer molinos de harina y de papel, batanes y curtidos, e incluso industrias metalúrgicas. En la actualidad, la energía procede de las grandes centrales, por lo que el buen emplazamiento de las industrias depende hoy de que haya tradición industrial en la comarca y producción agrícola e infraestructura suficientes para el desarrollo. Por ambas causas, el florecimiento industrial en torno a Valladolid, Palencia y Medina de Rioseco se debe, en buena parte, a las obras hidráulicas emprendidas a mediados del siglo XVIII, a su temprana utilización en los transportes y la industria y a su posterior aplicación al riego de los campos.

En la cuenca del Tajo, las obras hidráulicas más importantes fueron las de riego de las vegas de Aranjuez. Al coincidir la iniciativa del pueblo de Colmenar con los deseos de Carlos V, propietario en aquellas vegas de una heredad de 27.000 hectáreas, dióse comienzo a la construcción de canales. En 1530 se empezó el azud de Valdajos, del que parte el hoy llamado canal del Tajo, y en 1532, El Embocador, origen del canal de la Azuda, por la derecha, y el de las Aves, por la izquierda.

Una de las obras más comentadas del siglo XVI fue el artificio del célebre Juanelo Turriano para subir el agua del Tajo a Toledo. Constaba de una gran rueda hidráulica vertical, movida por la corriente del Tajo. Esta rueda hacía girar a una noria de considerable altura y movía unos balancines (cazos provistos de una larga canaleta) escalonados en la ladera. En su oscilación, cada balancín recibía en su cazo el agua procedente del balancín inferior y la descargaba por su canaleta en el cazo del superior. De este modo, el agua subía hasta el Alcázar. El artificio, sobre el que existe una copiosa literatura, fue un paso importante para el desarrollo de la maquinaria hidráulica, pero no un sistema práctico de elevar el agua a grandes alturas.

Felipe II continuó la política de atención a los trabajos hidráulicos iniciada por su padre y, como éste, no dudó en emplear ingenieros de otros países en las obras de la Corona. En las vegas del Tajo trató de llevar a cabo un vasto plan de obras que incluía la navegación entre Toledo y Aranjuez, el riego de las vegas entre ambas poblaciones y la construcción de algunos pequeños embalses en sus afluentes.

El plan general, redactado por el ingeniero Francisco Pacioto, encontró fuerte oposición de los otros consejeros reales. Sólo se realizaron algunas ampliaciones de regadíos y la construcción de unas pequeñas presas. Entre éstas, merece atención por su singular estructura la presa de Ontígola, situada cerca de Aranjuez, cuya finalidad principal fue servir para el solaz y recreo de la Corte. En su proyecto y construcción intervinieron los arquitectos Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera, el holandés Piettre Jansen, el calabrés Gerónimo Gili y el contratista de Aranjuez Francisco Sánchez. La presa, iniciada en 1563, constaba de dos muros verticales y un relleno de tierra intermedio. En 1567 se derrumbó el muro de abajo y fue reconstruido agregándole los contrafuertes aconsejados por Juan Bautista de Toledo, a los que se había opuesto Jansen. Y en 1586, la rotura del muro del lado del agua motivó un proyecto de reconstrucción, pero el contratista Sánchez propuso hacer el muro de nuevo. Aceptada la idea, se procedió a fabricar un tercer muro, trece metros aguas arriba del averiado, a reparar éste y a rellenar los espacios entre muros. El curioso arreglo resultó ser eficaz, pues a pesar de estar cimentada la obra en margas yesíferas, de que los rellenos se hicie-

ron con tierras de baja calidad y de su abandono por largos años, ha resistido el paso del agua por su coronación en múltiples ocasiones; aunque no sin deterioro, como se ha visto recientemente.

Como complemento de los canales de Aranjuez, Felipe II ordenó construir la acequia del Jarama, para regar las vegas a la derecha de este río y del Tajo. Los terrenos yesíferos y las escarpadas y deleznable laderas por las que discurre el canal dificultaban su construcción. Tras un largo período, las obras se reanudaron durante el reinado de Carlos II, por poco tiempo y a ritmo muy débil. Al terminar la Guerra de Sucesión se realizaron algunas obras de mantenimiento, pero fue a partir de 1740 cuando se planteó seriamente la necesidad de concluir el canal.

ETAPA DE TRANSICIÓN EN LAS ACTIVIDADES HIDRÁULICAS

Tras del receso de actividades hidráulicas del siglo XVII y parte del XVIII y de su reactivación en la segunda mitad de este último, comienza una etapa de transición en que se revisan las insuficiencias y errores del pasado, se paralizan las obras más importantes y se inicia un cambio notable en la preparación científica y técnica de los ingenieros hidráulicos.

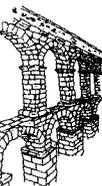
Los errores y las dificultades en la ejecución de las grandes obras preocuparon seriamente a los políticos e ingenieros más destacados de los últimos tiempos de la Ilustración. Motivos de reflexión eran los repetidos fracasos del trasvase del Castril y el Guardal, la rotura de la primera presa de Puentes y la amenaza de ruina de la segunda, el derrumbe de la de Gasco, las dificultades para acabar los grandes canales de Aragón y Castilla y la manifiesta imposibilidad de llevar adelante los grandes proyectos de navegación.

El ministro Floridablanca, en su Instrucción Reservada al Consejo de Estado (1787), afirmaba: "El ramo de ingeniería pide mucha enmienda y mejoría... Hay poca experiencia en los nuestros y poco estudio comparativamente a otras naciones y en todo lo respectivo a la hidráulica militar y civil una excesiva ignorancia".

Betancourt se afirmó en la idea de que "son necesarios los conocimientos más regulares de la parte técnica y práctica de la hidráulica". Decía también que en la construcción de canales se habían malgastado muchos millones por impericia, pero era explicable porque no había en España lugar donde aprender. Estos pensamientos contribuyeron a que el mismo Betancourt, que ya venía tratando de crear una Escuela de Ingeniería, lograra su fundación en noviembre de 1802, meses después de la catástrofe de Puentes. Pero esa Escuela no pudo dar, a corto plazo, el fruto apetecido. Su fundador tuvo que trasladarse a París en 1806, *comisionado* por Godoy. Su estancia en la capital francesa fue fecunda, pues en 1808 apareció su célebre *«Essai sur la composition des machines»*, que habría de servir de texto en muchas universidades, escrito en colaboración con José María Lanz, otro profesor también *comisionado* en París.

La Escuela de Caminos y Canales de Madrid permaneció cerrada desde 1808, durante la guerra y los primeros años de Fernando VII, hasta 1820, en que se abrió con la Revolución Liberal. Cerrose de nuevo en 1823, al restablecerse el absolutismo, hasta el año 1835 en que se abrió definitivamente. Sus titulados, a partir de 1839, se incorporaron a las tareas de ingeniería hidráulica, junto con otros especialistas de las escuelas de ingeniería militar y arquitectura.

Al mediar el siglo, las obras hidráulicas importantes se reaniman. Según el recuento de Fernando Sáenz Ridruejo, los Planes Históricos de Obras Hidráulicas contienen 25 proyectos del primer decenio del siglo XIX, 12 del segundo, 15 del tercero y 37 del cuarto. El número de proyectos alcanza un con-



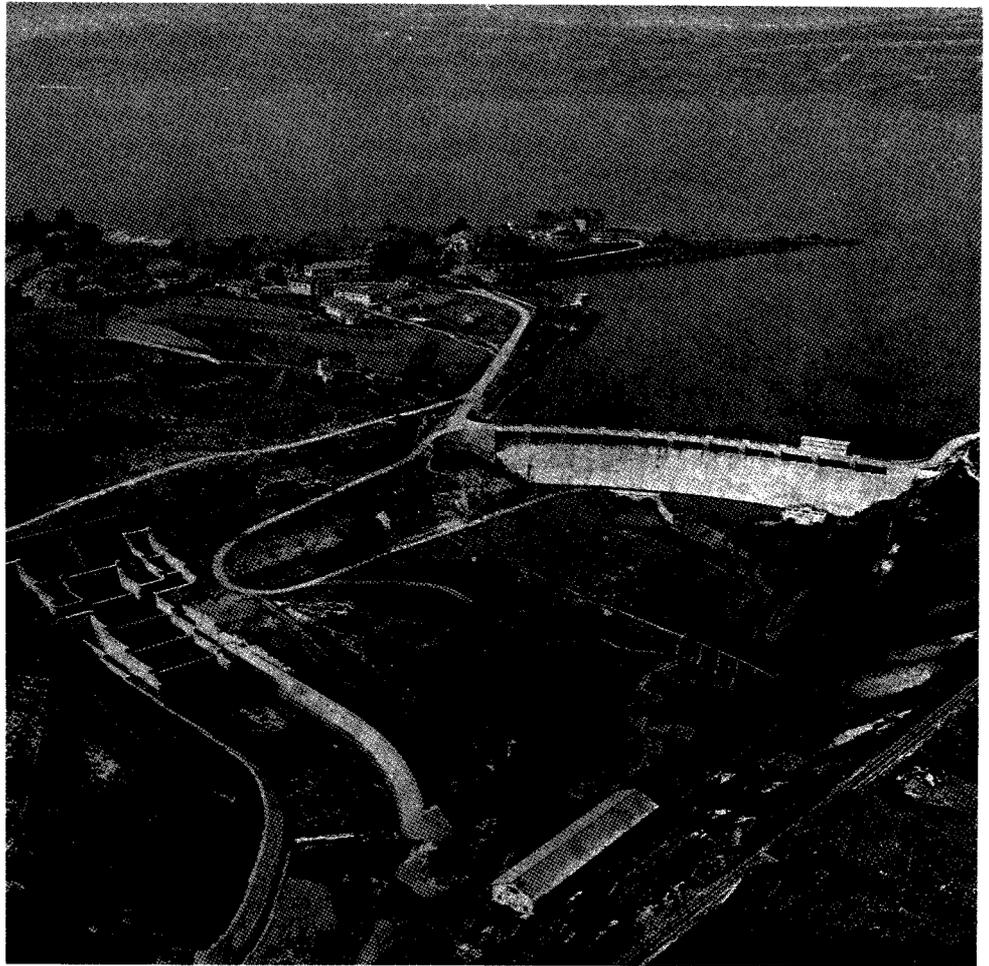


Fig. 12. Embalse del Ebro, regulador de sus caudales de cabecera, uno de los primeros proyectos de Lorenzo Pardo.

siderable repunte en los decenios siguientes, llegando a 151 en 1840/1850 y 293 en 1850/1860, para descender en 1860/1870 a solamente 29 proyectos.

Este cómputo refleja los altibajos constructivos. El receso de los cuatro primeros decenios coincidió con la preocupación de los ingenieros por aplicar las innovaciones técnicas que se venían produciendo desde la Ilustración. La discontinuidad operativa favoreció la implantación de nuevas normas. Al mismo tiempo, la Regencia legisló en favor de los riegos y empezó a contar con los ingenieros hidráulicos necesarios. Durante los decenios siguientes, una cierta estabilidad de la sociedad española y la consiguiente recuperación económica impulsan la iniciación de obras hidráulicas importantes, en las que ya se aplican nuevos conceptos y nuevas herramientas de cálculo.

Curiosamente, en esta etapa de receso de las obras gubernamentales, se emprenden trabajos hidráulicos de no escasa importancia, promovidos por necesidades e intereses locales. Un ejemplo digno de estudio es el saneamiento del entorno pantanoso de Albacete. Madoz refiere que ya en 1773 fray Marcos de Santa Rosa de Lima había formulado un plan de desagüe. Pasaron años de angustia en que las pésimas condiciones higiénicas hacían estragos en la población, hasta que en 1802 Carlos IV, a su paso por Albacete, encargó el proyecto de desagüe a don Antonio Bolaño y ordenó la provisión de fondos con garantía de reintegro. En menos de dos años se abrieron 31 km del canal principal de desagüe, con 9 m de anchura y 2,25 de profundidad, y los brazales afluentes del Salobral, Oya Vacas, Ojos de San Jorge y de las lagunas de Abacal y Acequida. Con estas obras se rescataron 8.450 ha para la agricultura. Al iniciarse la Guerra de Independencia el gran impulso estaba dado. El mantenimiento de las obras prosiguió con la actividad que la guerra permitía, y las condiciones sanitarias seguían mejorando.

En 1816 se nombró director facultativo a D. Manuel Blasco. Con la nueva organización se ampliaron los trabajos para crear una zona regable utilizando los caudales procedentes de las zonas desaguadas. En 1821 se inició un período de decadencia que duró hasta 1828, en que se restableció la organización anterior. El nuevo director, Antonio Cano-Manuel, tuvo la idea de utilizar el canal del río Balazotte para riego, y de convertirlo en navegable, pero desde 1831 nada se hizo hasta 1861, en que unas lluvias torrenciales reprodujeron las inundaciones de antaño. El cronista de Albacete Joaquín Roa comentaba: "encenagados muchos de los cauces que la debida limpieza debía tener siempre abiertos, las aguas invadieron los campos y formaron de nuevo las lagunas a tanta costa de secadas, resintiéndose la salud pública". Las obras de reconstrucción, empezadas en 1863 por el Ministerio de Fomento, se terminaron en 1866.

Otras obras de defensa contra inundaciones fueron el desagüe y urbanización del Almajar, en la ciudad de Cartagena, según proyecto de José Ordoñez; la desecación de la laguna de La Janda, en Vejer de la Frontera, con proyecto firmado en 1828 por don Agustín de Larramendi, y el encauzamiento del río Turia en su desembocadura, para defender a la ciudad de Valencia de las inundaciones, suscrito el 27 de agosto de 1844 por Joaquín García Ortega.

Los Planos Históricos del MOPU ofrecen abundante confirmación de las obras de los ríos de Cataluña. El suscrito por Miguel de Bergé reproduce la riera de Arenas, de peligrosas avenidas, con los cauces del Llobregat en 1828 y 1842 y la rectificación de Carlos Aguado en junio de 1853. El plano firmado por José María Bladó en 1851, presenta una nueva acequia para desagüe de los terrenos pantanosos de la Compañía Agrícola Catalana, situados detrás de Montjuich. Otro plano muestra un canal de riego en la margen derecha del Llo-

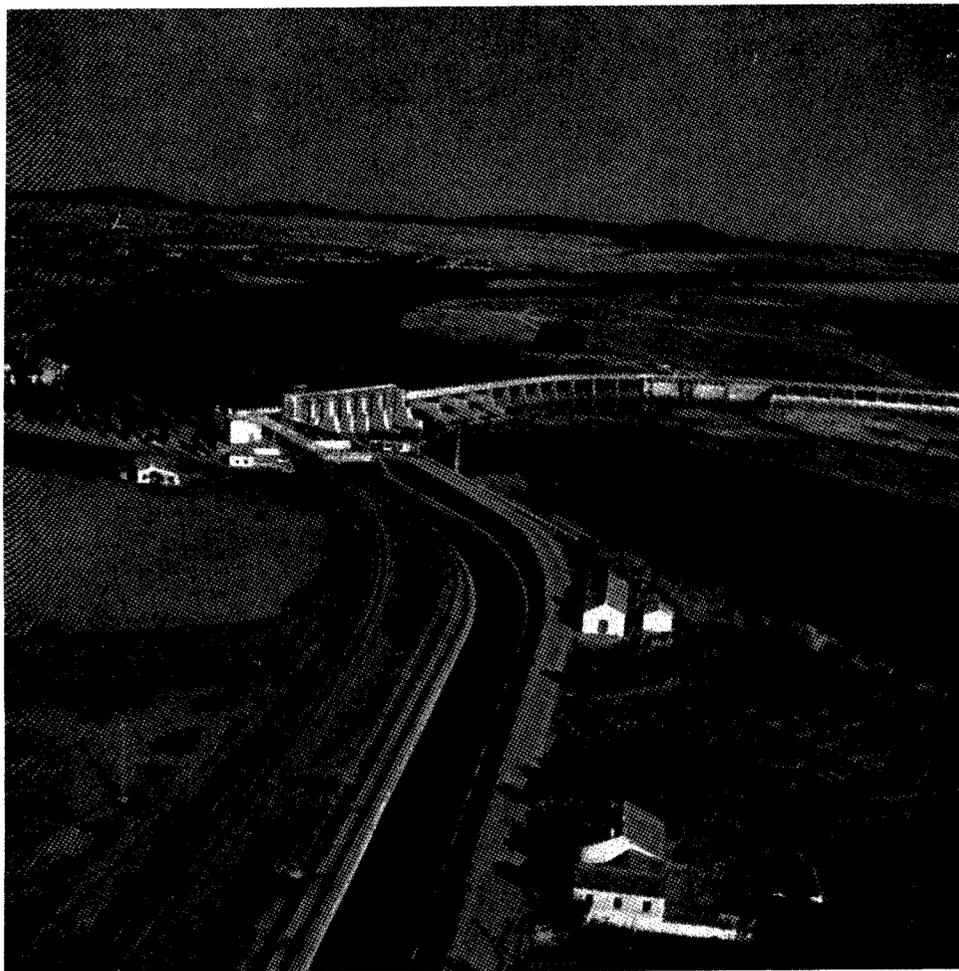


Fig. 13. Presa de derivación, en el río Guadiana, del canal de Montijo por la margen derecha y el de Lobón por la izquierda.

brगत en los términos de Molins de Rey, San Vicente de Orts, Sembay y Prat. Los proyectos de Juan Escofet (1790) y de Tomás Ferrer y Soler (1821) se refieren a la limpia y rectificación del río Ter desde Colomer hasta el mar para evitar las inundaciones. Otros documentos de esa colección contienen proyectos y datos de malecones para canalización de ríos, defensa contra avenidas y saltos de agua para molinos y factorías.

Del proyecto del Canal de los Llanos de Urgell se conservan planos firmados en 1848 por el ingeniero militar Juan de Mariátegui con la autorización de los autores del proyecto general, los ingenieros de caminos Pedro Andrés i Puigdollers y Constantino de Ardanza. Del primero existen los planos del túnel de Monza en dicho canal.

LAS OBRAS HIDRÁULICAS EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX

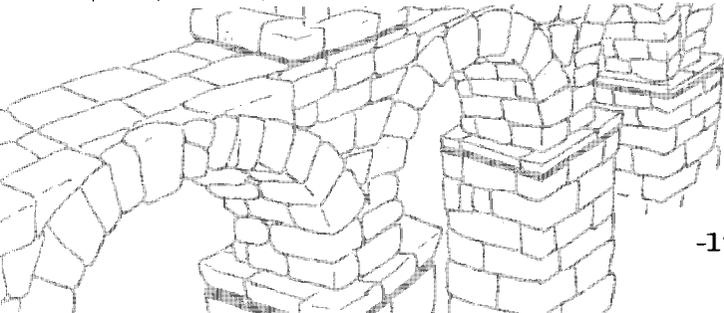
Las actividades hidráulicas continúan en las décadas cincuenta y sesenta, sin impedimentos de orden técnico, pero surgen nuevas dificultades económicas y políticas.

Como ejemplo del progreso técnico en esta época hay que citar los proyectos y obras del Canal de Isabel II para el abastecimiento de Madrid. El Catálogo de Fernández Ordóñez y los Planos Históricos ofrecen una amplia información, consistente en estudios topográficos e hidrográficos, proyectos de la presa y el canal principal, depósitos de agua, redes de dis-

tribución y de desagüe subterráneo y detalles de tuberías, piezas especiales, obras accesorias, etc., realizados desde 1848 a 1866. Los planos topográficos de la presa del Pontón de la Oliva están suscritos por los ingenieros de caminos Lucio del Valle, Juan de Ribera, Eugenio Barrón y Constantino de Ardanza el 15 de noviembre de 1951 en Torrelaguna. Los tramos del canal, por los ingenieros citados y José Morer, todos ellos bajo la dirección de José García Otero. Los proyectos de distribución y desagüe, también de Morer, se hicieron más tarde; el último, de obras complementarias, firmado en abril de 1862. Podemos afirmar que este conjunto de proyectos y obras constituye un hito en el progreso de nuestra ingeniería, tanto por su acertada concepción como por el orden y concierto con que se llevaron a cabo todos los trabajos.

También es digno de mención el abastecimiento de Valencia, proyectado en 1845 por el ingeniero de caminos Calixto Santa Cruz. Su proyecto contiene la solución que sigue la acequia de Quart por la margen derecha y la que deriva las aguas del azud de Mislata. A estos planos se agregan los firmados por Marchessans en 1850 y autorizados por Lucio del Valle, que se refieren a filtros del depósito, distribución interior y presa y toma de agua del Turia. Otro abastecimiento importante fue el de Gerona. Los planos del arquitecto Martín Sureda, de 1851, representan la conducción, el arroyo Galligans y terrenos desde la torre Agullana hasta Gerona, la disposición y conducción de las tuberías en una calle y otros detalles de la obra.

A mediados del siglo se emprendieron algunos grandes proyectos, cuyas contingencias y dificultades de ejecución influyeron en la política hidráulica posterior. La necesidad de aumentar las superficies regadas en la España seca y el lento y trabajoso avance de las grandes obras de riego, confiadas a empresas privadas, figuran entre los principales motivos de las campañas de Joaquín Costa en favor de la activación de



esas obras directamente por el Estado. Como ejemplo de la ineficacia de la libre empresa para llevar adelante dichos trabajos, Costa solía citar en sus discursos el canal de Tamarite de Litera. Su construcción se concedió por Real Decreto, en 1831, a los señores José Gassó, Sagristá y Mercader; pero en 1843, el Regente Espartero, en vista de que las obras no comenzaban, dispuso la celebración de un nuevo contrato. En 1866, tras un litigio de más de 30 años con la compañía, se modificó la concesión anterior, otorgando a sus beneficiarios el derecho de tomar un caudal mínimo de 35 m³/s de los ríos Esera y Cinca, obligando a la sociedad a terminar las obras en 10 años. Éstas comenzaron en 1874, pero años más tarde estaban de nuevo paradas. En 1877, la concesión del canal, rebautizado como Canal de Aragón y Cataluña, fue adquirida por la Catalana General de Crédito, la cual consiguió una nueva concesión, que en 1889 se declaró definitivamente caduca. En 1896, el Estado asumió la prosecución de las obras, atendiendo, en primer término, a dar agua a las primeras secciones de riego. De 1903 a 1905 hubo avances importantes y el canal alcanzó 65 km de longitud. Con la inauguración por Alfonso XIII en 1906, se ponía en riego una parte de la zona.

Al aumentar el caudal regulado gracias a la terminación de la presa de Barasona sobre el Esera, fue necesario ampliar el revestimiento hasta su altura total, lo que exigió fuertes gastos y la paralización anual de los servicios por uno o dos meses para reparar las filtraciones que se producían en la juntura del revestimiento antiguo y el nuevo. La tarea de completar el riego de las 104.000 hectáreas dominadas por el canal, en buena parte semidesérticas, había de exigir muchos otros trabajos, pero a mediados de este siglo se cumplió el sueño de Costa de verla totalmente terminada.

Los otros dos grandes canales del Alto Aragón, tan citados por Joaquín Costa en sus discursos: el de Sobrarbe, derivado del Ara, que "ha de discurrir por el Somontano de Aragón y regar 102.000 hectáreas de terreno", y el pantano colosal del Gállego, que suministra agua para regar los somontanos de Huesca y los Monegros, tuvieron estudios y realizaciones aún más lentas que el canal de Tamarite. En realidad, aunque Costa insistía en las dificultades políticas y administrativas, las de orden hidráulico e ingenieril que presentaban estas obras eran todavía mayores; porque forman parte del complejísimo sistema de riegos del Alto Aragón en su región occidental. Sus problemas no podían ser resueltos cuando los aforos de los ríos pirenaicos, integrantes del sistema, eran demasiado inciertos y el conocimiento de las zonas a regar insuficiente.

En la cuenca del Duero, los trabajos más importantes fueron los de adaptación de los Canales de Castilla para riego y abastecimiento urbano. Como proyecto del pasado siglo hay que citar el canal del Esla, cuyos primeros planos están firmados en Zamora en 1857 por don Dionisio Lago. En 1863, la Compañía Ibérica de Riegos se hizo cargo de la construcción del canal con nuevos planos de Jorge Higin.

Un canal empezado y construido en la cuenca del Tajo fue el de la Campiña de Alcalá. El primer proyecto, de José Acebo (1853), era para riego y fuerza motriz. Una concesión posterior autorizaba a José Pinilla y José Acebo la construcción de 43 kilómetros derivando aguas del río Henares para regar 10.000 hectáreas entre Junquera y Meco. A la quiebra de ésta, los acreedores formaron la Compañía del Canal del Henares, pero su explotación seguía siendo deficiente. En 1924, la División Hidráulica del Tajo comprobó que el riego alcanzaba 8.450 hectáreas y que el caudal del río en los estiajes era escaso. La falta de agua se ha corregido mediante la construcción de un embalse en el río Cañamares, afluente del Henares. En 1927, la Comunidad de Regantes obtuvo la propiedad del canal con la ayuda del Estado. El canal se revistió de 1931 a 1935 y ese año se completó el camino de servicio.

En otras cuencas fluviales donde la escasez de agua era menos angustiosa, la necesidad de obras hidráulicas de importancia no apremiaba tanto como en las regiones antes citadas. Hubo trabajos relevantes para mejorar la navegación del Guadalquivir y habilitar las rías cantábricas y galaicas para crear puertos comerciales y pesqueros, que caen fuera del alcance de estas páginas. Y hubo también obras más modestas para llevar agua a campos y poblaciones y sanear terrenos, pero no se sintió la urgencia de mejorar la disponibilidad de los recursos hidráulicos, y en caso de sentirse no se hubiera logrado, porque, como más tarde diría Díaz Ambrona a este respecto, "las condiciones previas para las transformaciones científicas, técnicas, económicas y financieras no se han alcanzado hasta el segundo cuarto del siglo XX".

TRIUNFO TARDÍO Y PERSISTENCIA DE LA POLÍTICA HIDRÁULICA DE COSTA EN EL SIGLO XX

La política hidráulica de Costa había quedado bien definida por sus opiniones sobre los canales del Alto Aragón y otras importantes obras. A raíz de nuestro desastre colonial, desarrolló aún con mayor intensidad el lema de "política hidráulica", reclamando para la reconstrucción interna la atención hasta entonces concentrada en las colonias y las luchas políticas. El manifiesto de la Cámara Agrícola del Alto Aragón, redactado por él en 1898, contiene un programa para la reconstitución y el desarrollo de las quebrantadas energías nacionales.

He aquí algunos argumentos esgrimidos por Costa: "Es evidente —decía en 1880— que no se desarrollarán los alumbramientos, las perforaciones, las canalizaciones y los embalses mientras el gobierno no se persuada de cuán apremiante es su necesidad y cuán impotente la iniciativa individual para resolverla."

Para mostrar que no se oponía a la libre empresa en la construcción de los canales, decía: "El Estado tiene que fomentarla, estimular la acción individual, y si esto no basta, realizarlos por sí." Y citaba las ayudas económicas otorgadas a los concesionarios por las leyes de 1849, 1866, 1870 y 1882. Refiriéndose a esta última ley, afirmaba en 1891: "Van corridos nueve años y tampoco se han construido canales."

Sobre la diferencia entre los riegos y otras empresas productivas, afirmaba: "al paso que las minas encuentran quien las beneficie directamente, sin aguardar estímulos por parte del Estado..., con el riego no pasa lo mismo; no hay todavía quien se preste a construir los pantanos que han de suministrarlo y sin los cuales toda la agricultura nacional y todo progreso son imposibles en España". "Los ferrocarriles producen desde el primer día, mientras que los canales requieren un cierto número de años para dar un producto remunerador."

En los años 98 y 99 la política de Joaquín Costa logró amplio apoyo nacional y fue asumida por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos. Éste presentó un «Avance de Plan de Canales y Pantanos de Riego». Por el mismo tiempo, Rafael Gasset, director de «El Imparcial», realizó una campaña favorable a esa política, bien acogida por la opinión, y Silvela en 1900 le ofreció el Ministerio de Fomento. El Plan General de Obras Públicas, iniciado por Gasset, fue aprobado en 1902. Era poco más que un inventario de obras posibles, pero sirvió de valiosa información para trabajos posteriores. En él se incluían 296 obras para regar 1.500.000 hectáreas. Sin embargo, sólo se acometieron algunas obras notables, como los pantanos de Guadalcazín y Guadalmellato, los riegos del Canal de Castilla, los canales del Valle Inferior del Guadalquivir y el pantano de Gasset. El Plan Extraordinario de 1916 hacía una selección de obras; y el de Fomento de la Riqueza Nacional limitaba el riego a 595.000 hectáreas, de las cuales 353.000 estaban en la cuenca del Ebro y 112.000 en la del Duero.

Los trabajos emprendidos por el gobierno se hacían a ritmo lento. Dominaba la apatía en los organismos encargados de realizarlos, con algunas excepciones en Levante, el Valle del Ebro y otras comarcas con tradición de riego. Algunas obras demoraban tanto que los empleados se consideraban vitalicios y temían que llegara su fin. Más eficaces fueron los esfuerzos desplegados por las compañías hidroeléctricas al construir los numerosos embalses y saltos de agua que necesitaban para producir energía hidroeléctrica. A consecuencia de estos trabajos, en veinte años se quintuplicó la potencia instalada, pasando de 190.000 kilowatios en 1901, a 957.000 en 1920.

Mención especial hay que hacer de los riegos del Alto Aragón, que dieron lugar a sonadas polémicas entre los ingenieros hidráulicos más destacados de la época, con intervención de algunos prohombres aragoneses. Aquella confrontación de opiniones animó el estudio y puesta en práctica de soluciones innovadoras y sirvió para discutir las finalidades políticas y sociales de las obras, así como la mejor organización administrativa que debería implantarse.

La experiencia obtenida en todos estos trabajos, la intensificación de los estudios hidráulicos en algunas Escuelas de Ingeniería y los cambios de la opinión pública en favor del mayor aprovechamiento de los recursos de agua preparaban una nueva etapa en que las ideas de Costa sobre política hidráulica alcanzaron plena aunque tardía implantación. Su comienzo podría datarse en 1926 con la creación de la Confederación Hidrográfica del Ebro por el ilustre ingeniero Manuel Lorenzo Pardo, con el valiosísimo apoyo del conde de Guadalhorce, entonces ministro de Fomento.

Las actividades de la Confederación se subordinaban a un plan metódico de máximo rendimiento, que abarcaba, además de los proyectos hidráulicos, cuya interrelación es evidente, otros aspectos físicos y humanos en estrecha dependencia con los del agua. Así, además de la hidrología y la ingeniería hidráulica, se ocupaba de los asuntos de agricultura con el auxilio de granjas de experimentación, de la defensa contra la erosión por medio de la repoblación forestal y la corrección de torrentes, de los abastecimientos y saneamientos de poblaciones, la explotación de las zonas de riego, la navegación fluvial y los aspectos legales y económicos del uso del agua.

Esta organización ha sido la precursora de otras, famosas en el mundo. La nombradísima Tennesy Valley Authority de los Estados Unidos se tiene, por sus dimensiones, su éxito como parte del New Deal y también por la riqueza y poderío de esa nación, como el modelo de esos organismos, pero, iniciada en 1932, es seis años posterior a la Confederación del Ebro, de la cual tomó algunas ideas. El modelo del Ebro se extendió a otras comarcas y pronto se formaron las Confederaciones Hidrográficas del Segura, el Duero, el Guadalquivir y el Pirineo Oriental, que empezaron a trabajar con las nuevas normas.

Durante la Segunda República se activaron y terminaron obras de larga duración, como los riegos del Valle Inferior del Guadalquivir y del Guadalmellato, y los embalses de El Burguillo, Jándula, Fuensanta, Doirás, Ricobayo y La Breña. Hay que destacar la labor de Indalecio Prieto como ministro de Obras Públicas, al extender la política hidráulica preconizada por Costa, y llevada a cabo por Lorenzo Pardo, Guadalhorce y otros brillantes políticos e ingenieros, a las regiones menos favorecidas por esa clase de obras. Así, en las cuencas del Tajo y del Guadiana, en Galicia y la región Cantábrica y en la del sur de España se estudiaron los posibles aprovechamientos del agua con mayor celeridad que la acostumbrada.

Como ejemplo de estos trabajos puedo citar los emprendidos en la cuenca del Guadiana entre el Portillo de Cíjara y la frontera portuguesa, donde no había tradición de regadíos. El gobierno abordó esta empresa con mucho entusiasmo y creó

un organismo, intitulado Obras y Servicios del Cíjara, al que estuve incorporado. En 1932 inició sus trabajos, y en ese mismo año preparó un proyecto del embalse de Cíjara, con capacidad de 1.100 hectómetros cúbicos, y dio comienzo a las obras. Al explorar las zonas regables, vimos que los canales de Montijo y Lobón podían regar unas 40.000 hectáreas a ambos lados del Guadiana, entre Mérida y Badajoz, y que Guadiana arriba, en la comarca de La Serena, había otras vegas de parecidas características y 60.000 hectáreas de extensión. El plan de obras preparado entonces incluía las obras de regadío de esas hermosas planicies, las de otros valles menores y un conjunto de otros embalses, entre los que destacaban el de Cíjara, en avanzada construcción, el del Zújar, con proyecto acabado, y los de Orellana y Puerto Peña, en el Guadiana.

No hubo trabajos hidráulicos importantes durante la Guerra, pero más tarde se reanudaron con renovado impulso. Las cifras de volúmenes de agua embalsados ilustran en cierto modo las variaciones de intensidad en esta clase de actividades. Desde 1921, en que había 625,4 hectómetros cúbicos de capacidad de embalse, ésta aumentó a un promedio de 77,3 hm³ por año hasta llegar a 1.321,5 hm³ al principio de 1931. Desde ese año a 1936, se elevó la capacidad total embalsada a 3.843 hm³, a razón de 504,4 hm³/año. Durante la Guerra no se acabó ningún embalse, pero en 1941 entran en servicio el de la Cuerda del Pozo y el Rumblar. La terminación en 1945 de los embalses del Ebro y el Tranco de Beas inicia una etapa de notable incremento en los volúmenes embalsados, los cuales aumentan desde 4.325,5 hm³ al principio de 1945, a 6.678,6 al final de 1954, con un promedio de 393,2 hm³ por año. Pero el mayor incremento anual se verifica en los doce años que siguen hasta el final de 1966, en los que, con un promedio anual de 1.561,2 hm³, se alcanza la extraordinaria cifra de 25.413,3 hm³ para la capacidad de embalse total. Los regadíos, abastecimientos y saneamientos de poblaciones, centrales hidroeléctricas y otras obras se desarrollaron en nuestro siglo en forma similar, aunque no tan intensamente como los embalses.

Al enjuiciar la gestión del agua en nuestro siglo, hay que reconocer que la política hidráulica de Costa, tras un largo y trabajado proceso, alcanzó plena vigencia de 1926 a 1936, con hechos tan señalados como la creación de las Confederaciones Hidrográficas por Lorenzo Pardo y Guadalhorce, el Plan Nacional de Obras Hidráulicas, ordenado por Prieto y dirigido por Lorenzo Pardo, y la intensificación de las obras; y que tras el paréntesis de ambas guerras se reanudó y aumentó el ritmo constructivo anterior. Pero hay que destacar también que el desarrollo hidráulico de nuestro siglo se ha aferrado a la tecnología de explotación de aguas superficiales que predominaba al implantarse las ideas de Costa. Por causas diversas —aislamiento cultural, autosatisfacción producida por las grandes obras, arraigo de ideas y conocimientos de difícil y lenta adquisición y criterios políticos— las nuevas tecnologías no se tuvieron en cuenta en los planes de desarrollo. De ahí, mientras en las obras hidráulicas de superficie competimos con los países más adelantados, no sucede lo mismo en la captación de aguas subterráneas, la conservación y recarga de acuíferos, la depuración, reutilización y economía del agua y su empleo en la mejora ambiental.

La tendencia inmovilista ha empezado a modificarse. La creciente demanda de agua, la contaminación y la desordenada explotación de algunos acuíferos, entre otros problemas, fuerzan la renovación, y la nueva Ley de Aguas provee el instrumento para realizarla. Pero todavía se requieren grandes esfuerzos para actualizar conocimientos y prácticas y crear un estado de conciencia que facilite las innovaciones. □

Manuel Díaz-Marta Pinilla

