

LAS OBRAS HIDRAULICAS ESPAÑOLAS Y SU RELACION CON LAS AMERICANAS

MANUEL DIAZ-MARTA
JOSE A. GARCIA-DIEGO
Fundación Juanelo Turriano

RESUMEN

En este artículo se describen las obras españolas conocidas de antiguo y las recientemente descubiertas, y se analizan sus analogías con las construidas en el Nuevo Mundo hasta principios del siglo XIX. Entre las romanas destacan las presas de Proserpina, Cornalbo y Esparralejo. También se consideran los acueductos de Segovia, Tarragona, Mérida, Toledo y otros que pudieron servir como modelos para la construcción de los acueductos coloniales.

Durante la Edad Media se hicieron numerosos azudes y redes de canales, acequias y aliviaderos, perfeccionándose los métodos de riego, transplantados a América.

Ya en el Renacimiento se verificó un desarrollo regional de las obras hidráulicas que guarda estrechas relaciones con los de América.

ABSTRACT

In this paper the Spanish works known of old and those recently discovered are described, and their resemblances to those built in the New World down to the beginnings of the 19th century are analysed. Important among the Roman ones are the dams of Proserpina, Cornalbo and Esparralejo. The aqueducts of Segovia, Tarragona, Toledo and others that might serve as models for the construction of colonial aqueducts are also recalled.

During the Middle Ages numerous diversion dams and networks of canals, irrigation ditches and spillways were made; irrigation methods were improved, and transplanted to America.

Already in the Renaissance a regional development took place that bore a close relationship with that of America.

Las presas extremeñas -la mayor parte de muro de fábrica con contrafuertes- tuvieron mucho éxito en América, probablemente por su fácil construcción y por la abundancia de soldados y colonos de aquella tierra.

Las presas levantinas no tuvieron imitadores en el Nuevo Mundo, seguramente porque su construcción exigía materiales selectos y mano de obra y dirección muy cualificadas, lo que no era fácil de conseguir en aquellos tiempos. También hubo desarrollos varios de presas y azudes en el País Vasco y Aragón y de otras construcciones de presas y canales para riego y navegación en las cuencas del Duero, el Ebro, el Tajo y el Guadalquivir.

En su conjunto, todas estas obras, por su carácter regional y su variedad, proporcionaban a los colonizadores, procedentes de todas las comarcas españolas, un mosaico de ejemplos para cada problema hidráulico que facilitaba la solución más adecuada.

The dams of Extremadura -most of them with walls of masonry and buttresses- had great success in America, probably because of their ease of construction and the large number of soldiers and colonists from that region in those lands.

The dams of the Levante had no imitators in the New World, certainly because their construction demanded select materials and very competent labour and management, which were not easy to obtain in those days. There were also several developments of dams and weirs in the Basque Country and Aragón and other constructions of dams and canals for irrigation and navigation in the valleys of the Douro, Ebro, Tagus and Guadalquivir.

Taken as whole, these works, for their regional character and variety, supplied the colonists coming from the Spanish regions with a mosaic of examples for each hydraulic problem which facilitated a satisfactory solution.

Palabras clave: Arquitectura, España, Latinoamérica, Obras públicas, Edad Media, Siglo XVI, Técnica.

1. Introducción

El presente trabajo reproduce el texto íntegro de la comunicación leída en el Seminario sobre Antiguas Obras Hidráulicas en América, que tuvo lugar en la Ciudad de México, en el mes de octubre de 1987.

Los autores agradecen la autorización que, para publicarlo en LLULL, les ha concedido el Organismo que patrocinó la citada reunión: Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU).

El programa de este Seminario contiene una amplia gama de estudios sobre las técnicas hidráulicas en América, que comprenden desde tiempos prehistóricos hasta una época que, en términos generales, coincide con la independencia de sus naciones y, parcialmente, con la Revolución Industrial. Aparecen en ellos las características geográficas y climatológicas de muy diversos territorios; la aptitud de sus suelos para la agricultura: las tradiciones culturales y condiciones socioeconómicas que determinaron las demandas y usos preferentes del agua en cada lugar y época y, por supuesto, las descripciones de obras y empresas hidráulicas muy notables.

Merecen especial atención las ponencias que se refieren a las técnicas hidráulicas de antiguas civilizaciones americanas -hasta hace poco casi desconocidas- y las que dan cuenta de investigaciones actuales sobre sus obras. Ante estas novedades, que aclaran los antecedentes autóctonos del desarrollo hidráulico posterior, parecería innecesario describir -para explicación de sus otros orígenes- las antiguas obras hidráulicas españolas, ya que por lo mucho que se ha escrito sobre algunas, se creen sobradamente conocidas.

Sin embargo no es así. Sin negar la importancia de ciertos escritos de otras épocas, lo cierto es que su estudio, en extensión y profundidad, está incompleto; y aunque es bastante lo descubierto y publicado recientemente, es mucho lo que queda por investigar. En los últimos quince años se han dado a conocer las presas construidas en Extremadura desde el siglo XVI al XVIII, las del País Vasco del XVII-XVIII, catalogado una serie importante de azudes y canales, publicado libros así como numerosas monografías e investigado la hidrotecnología del Renacimiento, tanto lo que se conserva de ella como algunos importantísimos manuscritos. Y bastantes más cosas que omitimos para no alargarnos. Sólo parte de los nombres de los investigadores, figura en las notas que acompañan a nuestro texto.

Tales obras y técnicas creemos han influido tanto, y probablemente más, en las del Nuevo Mundo que las hispanorromanas que, junto a un grupo de presas en la zona de Alicante, era lo único que solía aparecer en textos históricos españoles o extranjeros; aunque, desde luego, hay que completar también su estudio.

Diremos, en descargo de los que nos han precedido, que la historia de las técnicas, considerada como disciplina autónoma e importante, sólo se ha desarrollado modernamente. A nuestro entender como parte de la actual tendencia a considerar al pueblo como protagonista de la historia.

Por todo esto creemos en el buscar las raíces del saber y del hacer hidráulicos en América durante la Edad Moderna quedaría incompleto, si no

figurara en este Simposio un relato de las obras españolas que más influyeron en las americanas; debido al continuo trasiego de hombres, conocimientos e ideas de un lado al otro del Atlántico.

Para terminar esta primera parte haremos notar muy brevemente las razones principales que tuvieron los españoles, a nuestro entender, para proyectarlas y construir las en el Nuevo Mundo. Aunque, sobre esto -y otras cosas- tendremos bastante que aprender durante la reunión.

Una es, el que eran necesarias para la minería, cuya técnica se conocía en la Península desde muy antiguo, pero que en América fue posible desarrollar y perfeccionar de un modo extraordinario; sobrepasando, en muchos casos, lo que se hacía en Europa. Otra, el riego, pues la agricultura y la ganadería eran fundamentales para el orden social y económico. Y, finalmente, el abastecimiento de agua a las poblaciones; sus importantes acueductos tenían, desde luego, notables antecedentes precolombinos.

Terminaremos esta introducción indicando que, lo que sigue, es un resumen parcial y, en varios casos, sujeto a revisión.

2. Presas y acueductos hispanorromanos

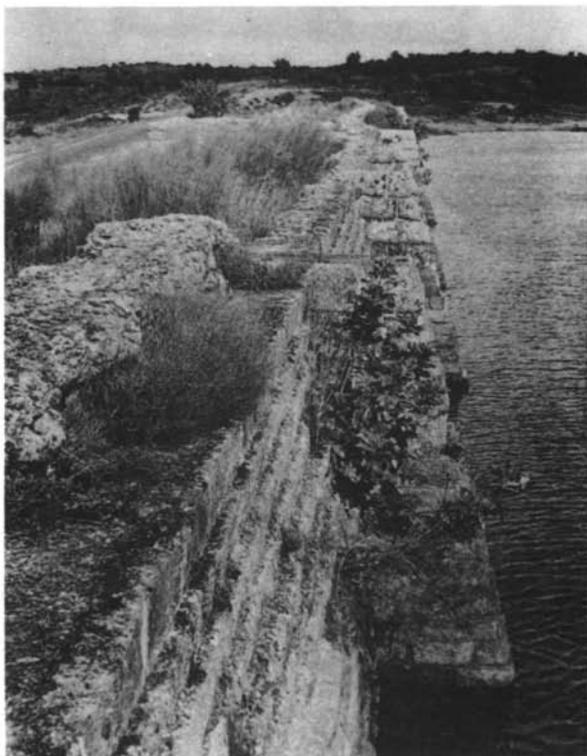
De esta época se conservan numerosas estructuras que, desde luego, influyeron mucho en las construidas más tarde en uno y otro lado del Atlántico. Norman Smith¹ dice que en España se encuentran algunas de las más hermosas obras de la ingeniería romana: puentes, acueductos y, sobre todo, presas.

Hemos de mencionar, en primer lugar, las presas y acueductos de Emerita Augusta (la actual Mérida) que abastecían a la que era entonces una gran ciudad y a algunas villas próximas. Por su belleza y perfección técnica destacan en la Historia de la ingeniería hidráulica mundial. Debieron ser bien conocidas de los numerosos extremeños que pasaron el océano a partir del siglo XVI, y tanto influyeron desde las fundaciones iniciales.

La presa de Proserpina, con unos 420 m. de longitud y 12 de altura máxima, consta de un muro de sillería, mampostería y hormigón al que está adosado un ancho terraplén. Hay contrafuertes del lado del agua, que contrarrestan el empuje del espaldón de tierra a embalse vacío, mientras que, a embalse lleno, son las tierras las que le ayudan a soportar la presión hidrostática².

La de Cornalbo tiene una estructura compleja que fue, en su tiempo, sin duda una innovación. Funciona como una presa de tierra, y su perfil es muy parecido al de las actuales. Pero con la particularidad de que, del lado del agua el material, compuesto de piedras y arcilla, lo encerraron dentro de un entramado de muretes, unos paralelos y otros normales al eje de la construcción. Esta cuadrícula, aparte de contribuir a sujetar la tierra, debió servir como apoyo del revestimiento correspondiente al paramento de aguas arriba, que toda obra de este tipo necesita³.

Estas dos estructuras son las más importantes romanas que se conservan en todo el territorio del Imperio, y hoy siguen funcionando. Por cierto que, en Italia, no queda ninguna y las que les siguen en interés están, en su mayoría, en Túnez.



1. Presa de Proserpina



2. Presa de Cornalbo

Notable también es la de Esparragalejo, utilizada probablemente para abastecer a algunas de las villas citadas. Tal vez sea la más antigua que se conoce de arcos y contrafuertes, precedente de las modernas de bóvedas múltiples. Su fábrica comprende sillería, mampostería y hormigón. El paramento de aguas arriba, con leve inclinación respecto a la vertical. El otro presenta una serie de bóvedas cilíndricas de generatriz vertical, cuyas flechas, lo mismo que las dimensiones de los contrafuertes, van disminuyendo de tamaño del centro a los extremos de la cerrada⁴.

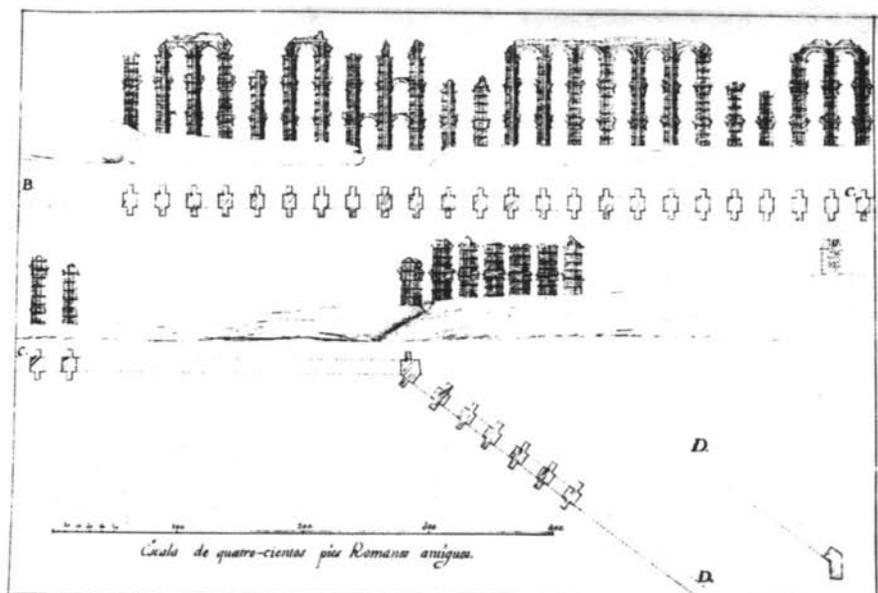
Al estar muy cerca de la calzada romana que unía Emerita Augusta con Pax Augusta (hoy Badajoz), debió ser bien conocida. Puede por tanto, en principio, considerarse como un remoto antecedente tanto de las presas de contrafuertes erigidas en Extremadura hasta el siglo XIX, así como de las muchas americanas de la misma clase.

Entre las conducciones de agua a Mérida, hay que destacar la originada en la presa de Proserpina, de la que quedan los restos del acueducto de los Milagros⁵. Por la belleza y esbeltez de sus pilares, en los que la piedra labrada

se combina con tongadas de ladrillo rojo, el proporcionado de los arcos y la armonía del conjunto, debió ser uno de los más bellos del mundo, y grandioso antecedente de los que muchos siglos más tarde hubo en tierras de América.

Se ha llegado a suponer que la combinación de dos materiales, pudiera ser el origen de la idea que tuvieron los arquitectos de la mezquita de Córdoba, uno de los más famosos monumentos árabes.

Hay otros acueductos notables que quizá influyeron en la transferencia de tecnología. El más conocido es el de Segovia, prodigio de solidez y perfección constructiva, que estuvo en servicio hasta la época moderna y podría perfectamente volver a funcionar⁶. Pero todavía ha sido más apreciado por su belleza intrínseca como indica la anécdota siguiente, de cuya exactitud no respondemos, pero que da una buena idea de los sentimientos que ha inspirado e inspira. Los últimos arcos fueron reconstruidos por orden de los Reyes Católicos. En 1808 el Mariscal napoleónico Ney, que lo visitaba, impresionado por la diferencia entre las dos fábricas, apuntó al primer arco no romano diciendo: ¡Aquí empieza la obra del hombre!⁷.



3. Dibujo antiguo del acueducto de los Milagros



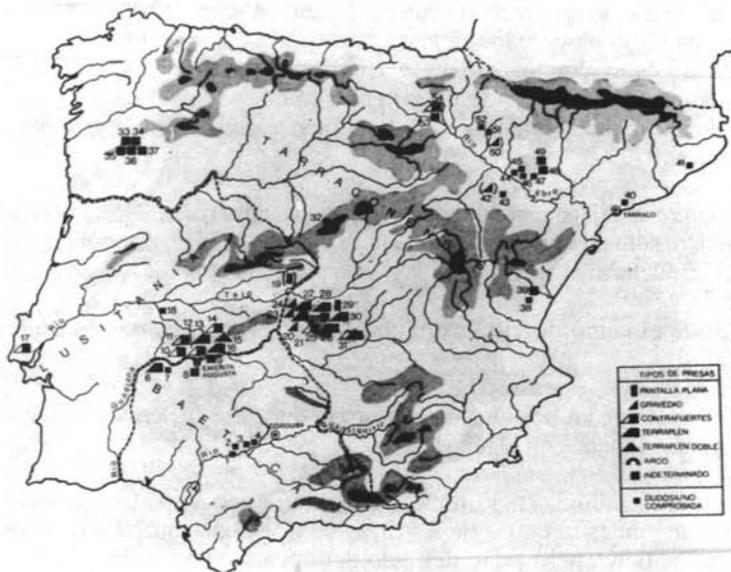
4. Depósito que forma parte del abastecimiento de Andelos

También el de Tarragona, cuyo aspecto actual acusa una serie de reparaciones que, en parte, le desvirtúan. Entre aquellos de los que quedan restos mínimos, mencionaremos los que abastecían de agua a Toledo y a Consuegra. Debieron ser conocidos por Fray Francisco de Tembleque, por estar a pocas leguas de su pueblo natal -que quizá puso en su nombre- y, por tanto, influir en su concepción del maravilloso acueducto de Zampoala, construido bajo su dirección de 1554 a 1571, en el Valle de Otumba, de México⁸.

El de Toledo comenzaba en la presa de Alcantarilla, de la que quedan fragmentos de cierto tamaño. Era de igual tipo que la de Proserpina. La conducción tenía una longitud de 7 u 8 leguas hasta llegar frente a la ciudad, donde cruzaba la garganta del Tajo por medio de un puente sifón de grandes dimensiones⁹ (*).

(*) Antonio Ponz, en su famoso viaje de España, dice de este acueducto, en las Cartas de Toledo (1769):

El acueducto de Consuegra, mucho más corto, comenzaba en la presa del mismo nombre, notable por ser la más larga de todas las hispanorromanas: y entre las de contrafuertes, quizá del mundo. Ha sido estudiada por los autores de esta comunicación, y se invitó a dar su opinión sobre ella a una serie de especialistas, españoles y extranjeros así como a personas simplemente interesadas en la Historia de las técnicas. Será difícil encontrar otra que haya sido analizada con tanto detalle, aunque todavía falta hacer no más de un par de sondeos. Tiene una zona provista de contrafuertes, los estribos son muros verticales y todos los indicios muestran que debió estar reforzada por un espaldón de tierra adosado¹⁰.



5. Mapa de las presas romanas en España

"... buscando los parajes más fáciles a su nivel por espacio de siete leguas entraban sus aguas (*en Toledo*) por el paraje que ahora llaman de Doce Cantos... enfrente del cual, a una y otra parte del Tajo, se ven grandes frogones de los cimientos sobre los que levantarían serie de arcos, como en el acueducto de Segovia, nivelando las aguas hasta lo más elevado de Toledo..."

Ponz habla de las dimensiones del canal, de media vara de ancho por una tercia de hondo y de una torre acuaría cerca del Monasterio de la Sisle. En tiempos del P. Tembleque -más de dos siglos antes- es seguro que quedarían bastante más restos.

Constituye un complejo sistema hidráulico el abastecimiento a la ciudad romana de Andelos, en Navarra. Comienza con la presa de contrafuertes de Iturranduz¹¹ y, en la conducción, se intercala un gran depósito regulador (85 x 35 m.) a cielo abierto. Parte de ella debió ir sobre arcadas y con tubería de plomo¹².

Por ser distinta su función, son dignos de mención los azudes Pueyec y de San Marcos, en el Alto Aragón, ya que sirvieron para riego¹³. El último es un dique muy esbelto, de 10,70 m. de altura por uno de espesor y 33 de longitud, sólidamente construido y con paramentos de sillería. Por ello y, además, porque se apoya en el centro del vano en un gran peñasco, ha resistido perfectamente el paso de los siglos, a pesar de su aparente ligereza. Paramento de aguas abajo con escalones estrechos, disposiciones que habían de reproducirse, pasado más de un milenio, como veremos, en las presas de la zona de Alicante y en muchas, aún posteriores, tanto españolas como mexicanas.

Las presas hispanorromanas fueron muy numerosas. Hasta ahora se han catalogado, sólo en España, más de cincuenta y siguen descubriéndose, si bien, ahora, de mucha menor importancia que las reseñadas.

Desde el punto de vista estructural, podemos agruparlas en estas cuatro categorías:

1. Las formadas por un simple muro pétreo, que suelen ser de menos de 5 m. de altura; aunque con algunas excepciones, como el azud de San Marcos.

2. Las constituidas por un muro con contrafuertes, de las cuales tenemos una acabada muestra en las de Esparragalejo y Consuegra. La de Proserpina también los tiene, pero están del lado del agua y como se les puede atribuir otra función -quizá más ornamental que resistente-, la incluimos en el siguiente apartado.

3. Otras que están formadas por un muro del lado del agua y un espaldón de tierras adosado al mismo; que además de contrarrestar la presión hidrostática, facilitaba el establecer, a veces, un camino de coronación. De este tipo son las de Alcantarilla, Proserpina y, también, Consuegra. Vemos que esta última tiene partes de las tres clases hasta ahora citadas.

4. Presas de tierra, de las cuales la única que conocemos es la de Cornalbo. Es de suponer que hubo otras, pero de menores dimensiones y con fines más modestos y/o circunstanciales; la construcción no sería tan cuidada y, por ello, no han llegado hasta nosotros.

Pasando a consideraciones hidrológicas, las más importantes estuvieron concebidas como cabecera de un abastecimiento de agua. Lógicamente, el volumen del embalse debía ser el adecuado para cubrir las necesidades de la población. Se prefería que la corriente en la zona donde había de retener fuera intermitente o, al menos, muy escasa parte del año, lo cual simplificaba la cimentación. Si la aportación del río resultaba insuficiente se le añadían, en ciertos casos, caudales procedentes de arroyos próximos, por medio de pequeños canales. Estos llevaban compuertas que permitían rechazar o admitir, a voluntad, las aguas extrañas a la cuenca original: si eran turbias, se las dejaba ir y solamente se admitían las limpias¹⁴.

3. Canales y presas de la Edad Media

Las construcciones hidráulicas no decayeron entonces en España. Los árabes hicieron muy pocas grandes presas, pero sí notables redes de canales, acquias y azarbes, en las vegas de Valencia¹⁵, Murcia y Granada y, aunque allí han sido menos estudiados, en las de Andalucía y Castilla. La reconquista por los cristianos no producía un paralización de las obras ni un retroceso en los métodos técnicos utilizados. A medida que la ocupación militar se consideraba consolidada, fueron restaurándose y mejorándose los azudes y canales de los musulmanes; perfeccionándose también los modos de suministro y distribución, introduciendo en ellos rigor y disciplina¹⁶. A finales del siglo XV, las tradiciones de las obras de riego, heredadas y mejoradas en las tierras del Levante español, pasaron a las Islas Canarias, y más tarde a muchos territorios americanos. Muestra de esta doble transferencia tecnológica es el estudio de Glick¹⁷. En él se narra como llegaron a estas islas, cuyos pobladores tuvieron que ser aún más parcios en el consumo del agua que los de Valencia y Murcia. Después, un pequeño grupo de emigrantes canarios, quince familias, fue capaz de mejorar los riegos ya establecidos por los misioneros en el valle del río San Antonio, en Texas. Ello con métodos de "dulas" o turnos, que ordenaban la distribución del líquido disponible, en el espacio y en el tiempo. Aumentaron así, en la zona, los caudales aprovechables, como ya habían experimentado en su país de procedencia.

Durante todo el medioevo se construyeron en España azudes, de escasa altura, cuyo objeto era derivar agua para riego de las huertas (la palabra azud es de origen árabe). Pero además, tanto los musulmanes como los cristianos, erigieron algunas presas de respetables dimensiones. Como ejemplo podemos citar la de Almenar, cerca de Lérida, fechada en 1147 o sea antes de su conquista por los cristianos. Otras sirvieron para derivar caudales de los ríos Júcar y Segura; iniciáronse al final de la etapa árabe, pero fueron restauradas y mejoradas por los nuevos pobladores.

Muchos azudes medievales se hicieron con el propósito de crear el salto necesario para mover molinos y batanes: el número de los de viento fue, en España, siempre muy inferior al de los de agua. Este destino tuvieron los del tramo del río Tajo que circunda a Toledo¹⁸. Obras como estas figuran entre las más antiguas de la América hispana: por ejemplo, en La Española, fue necesario enseguida tener molinos, para disponer de harina; con el pan después fabricado, se mitigó el hambre que sufrieron los primeros colonos.

La tendencia a construir presas de embalse, abandonada desde la época romana, se restableció en la Baja Edad Media, adquiriendo o inventado los procedimientos necesarios para llevarlas a cabo con éxito. En el río Aguas Vivas, afluente del Ebro, y en el siglo XIII, durante el reinado de Jaime I de Aragón, se construyó la presa de Almonacid de la Cuba, que es la más antigua de gravedad en los reinos cristianos de la Península. Inicialmente tenía 77 m. de longitud, 8 de anchura en coronación y unos 20 de altura. En 1384 tenemos la de Almansa, del tipo de arco-gravedad, que aún sigue en servicio; precursora de las célebres alicantinas a que después nos referiremos. Tenía, inicialmente, unos 15 m. de altura y paramentos de sillería, el de aguas abajo escalonado.

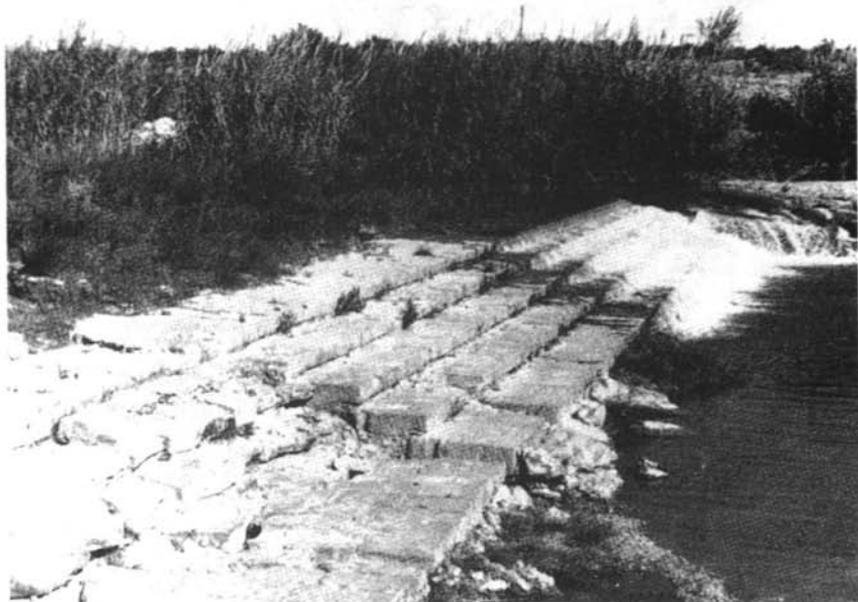
A finales del mismo siglo, en 1398, se construyó la de Lancho en Extremadura. Al menos eso indica una lápida que forma parte de la presa de contrafuertes de 1744, que debió erigirse sobre ella¹⁹.

4. El siglo XVI

Hubo entonces un gran desarrollo en las obras hidráulicas españolas. Muchas fueron notables, otras pronto abandonadas; pero también nacieron ideas e intentos para el futuro. Buena parte de los grandes planes y proyectos llevados a cabo, total o parcialmente, hasta nuestros días, e incluso algunos de imposible realización, pero de los que todavía se habla, tuvieron su origen o fueron al menos concebidos durante los reinados de Carlos V y Felipe II.

Esto obedece a diversas causas. Las importantes obras durante los siglos anteriores, debidas tanto a los musulmanes como a los cristianos, habían creado una atmósfera propicia para el estudio y ejecución de obras hidráulicas. Sólo el mal estado de las finanzas, debido a la irracional política exterior y al ya anticuado sistema clasista, actuó como freno.

Ya en el reinado de los Reyes Católicos, al unirse Aragón y Castilla, la política hidráulica ganó en amplitud y se hizo menos localista.



6. Azud medieval de Mestalla (Valencia)



7. Presa de Almonacid de la Cuba

Y tras los descubrimientos en América, Asia y Africa, se intensificaron los intercambios de ideas y conocimientos, lo que tuvo como resultado un notable desarrollo de algunas técnicas.

En España el intercambio cultural fue importante durante este siglo. Las guerras forzaron la salida de la multitud de sus ciudadanos, principal, pero no únicamente, a los Países Bajos e Italia; países de alta civilización y cultura. Por otra parte, también entonces vinieron a trabajar a España, al servicio de la Corona, extranjeros destacados, tanto en las artes como en las técnicas. En la que nos ocupa citaremos, entre muchos otros, a Turriano, Sitoni, Azaro y los Antonelli. Y su aportación fue valiosa. Sin embargo, a veces no acertaron. Ya que sus conocimientos no eran aplicables a algunas comarcas hispanas, pues sus características geográficas, hidrográficas, socioeconómicas y culturales, eran muy distintas de las existentes en sus países de origen.

Hay que tener en cuenta que, los no españoles poco o nada influyeron entonces en la ingeniería del Nuevo Mundo; salvo en las fortificaciones edificadas durante los primeros tiempos. Les hubiera sido aun más difícil adaptarse a los problemas de estos nuevos países, que a los de España.

Conocían en cambio los españoles, por razones que ya hemos indicado, una amplia gama de soluciones. Forzados por la necesidad, incrementaron algo que ya era común a muchos de ellos: la capacidad de aplicar los modelos que recordaban, adaptándolos ingeniosa y sabiamente a las condiciones de otro medio físico y cultural.

Buena parte de lo antedicho, es también aplicable al siglo XVII.

5. Las presas extremeñas de la Edad Moderna

Uno de nosotros estudió, hace algunos años, un conjunto de presas construidas en Extremadura en el periodo que comprende desde el siglo XVI al XVIII, hasta entonces poco conocidas²⁰. En el cuadro siguiente se enumeran, indicando sus principales características.

| NOMBRE | ALTURA (m) | LONGITUD (m) | VOLUMEN DE EMBALSE (hm ³) |
|--------|---------------|-----------------|---|
|--------|---------------|-----------------|---|

PRESAS DE CONTRAFUERTES

| | | | | |
|----|--------------------------|----|-----|-----|
| 1 | Arce de Abajo | 4 | 120 | 0'4 |
| 2 | Arce de Arriba | 7 | 262 | 0'8 |
| 3 | Arroyo de la Luz | 6 | 250 | 0'8 |
| 4 | Barroso | 6 | 130 | 0'2 |
| 5 | Barrueco de Abajo | 7 | 120 | 0'7 |
| 6 | Barrueco de Arriba | 9 | 90 | 0'6 |
| 7 | Casillas I | 10 | 182 | 0'3 |
| 8 | Casillas II | 9 | 80 | 0'1 |
| 9 | Cueto | 8 | 220 | 0'6 |
| 10 | El Lugar | 4 | 206 | 0'2 |
| 11 | Feria | 24 | 170 | 0'7 |
| 12 | García | 7 | 219 | 0'5 |
| 13 | Greña | 9 | 240 | 0'3 |
| 14 | La Generala | 9 | 200 | 0'2 |
| 15 | Lancho | 7 | 142 | 0'1 |
| 16 | Trujillo | 11 | 175 | 0'3 |
| 17 | Vegas Altas | 6 | 178 | 0'2 |
| 18 | Zalamea | 17 | 113 | 0'2 |

PRESAS DE GRAVEDAD

| | | | | |
|----|-----------------|----|-----|-----|
| 19 | Casabaya | 15 | 120 | 0'1 |
| 20 | Castellar | 19 | 100 | 0'3 |
| 21 | Zamores | 9 | 107 | 0'2 |

PRESAS DE MATERIALES SUELTOS

| | | | | |
|----|-------------------------|---|-----|-----|
| 22 | Mata de Alcántara | 4 | 130 | 0'2 |
| 23 | Molino de Cabra | 4 | 75 | 0'1 |

La más antigua -hacia 1500- fue la de Castellar, de gravedad y con molino adosado: pero no se podrá continuar en ella el estudio, por estar hoy sumergida en el embalse creado por una reciente más alta; pero en el citado trabajo hay planos y dos fotografías.

La siguiente en el tiempo dentro de esta región, es muy importante. La damos el nombre de presa de Trujillo, por estar junto a esta población, bien conocida por sus recuerdos históricos y monumentos. Antes se la conocía como de la Albuera de San Jorge (*albuera* es palabra de origen árabe, que significa embalse: antes se escribía *albuhera*). Terminada en 1577 y muy bien documentada, la proyectó y construyó Francisco Becerra, y resulta manifiestamente notable por ser muy acertada, ingenieril y estéticamente. De contrafuertes, alimentaba tres molinos, uno de su misma época y los otros de la siguiente centuria: muy raros son los que se conservan de estos tiempos. El conjunto es de aquellos que merecerían urgentemente, ser restaurado e incluso puesto en funcionamiento²¹. Pero interesa especialmente en esta comunicación, porque Becerra pasó a América y, según el libro clásico de Llaguno y Cean-Bermúdez²², fue el mejor entre los arquitectos que allí fueron, hasta la época neoclásica, que ellos especialmente estimaban. Quedan de él catedrales e iglesias en Puebla de los Angeles, Cuzco y Lima; como ingeniero, fue autor de tres puentes en Quito y un fuerte en el puerto de Callao. En nuestra opinión, debiéndosle la extraordinaria estructura de Trujillo, tiene una alta probabilidad el que hiciera otras presas, y seguramente también muy notables en América. Sugerimos que se busquen en archivos y en el campo.



8. Presa de Trujillo



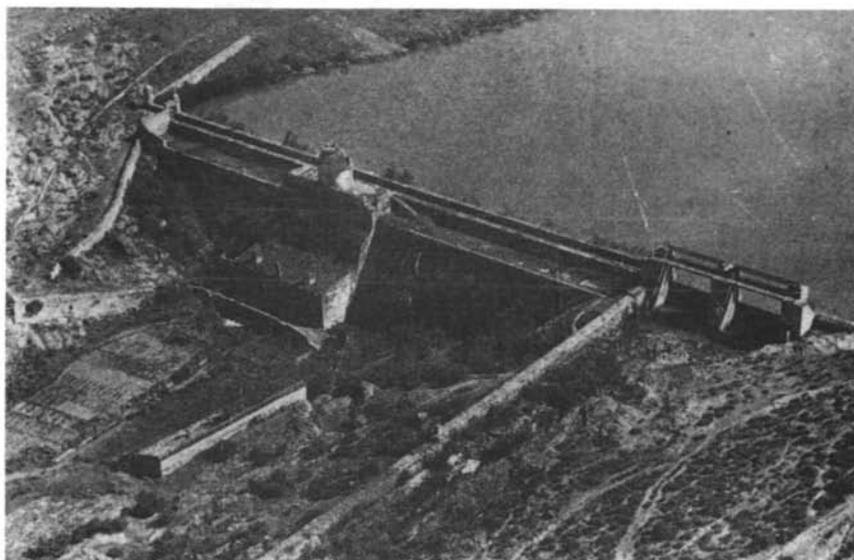
9. Presa de Feria

Ya en el siglo XVII destaca la de Casabaya, de gravedad, con planta recta. En el siglo siguiente se añadieron los contrafuertes y el molino.

Del XVIII merecen citarse bastantes presas de mucha entidad, por sus dimensiones y acabado diseño. Así Feria (1747), la de mayor altura entre las antiguas de la región. Y, para no extendernos más, nos referiremos sólo a la de Zalamea, quizá la más hermosa de todas las de esta centuria. De contrafuertes, con molino adosado y, cosa curiosa, pero que creemos se repitió en América, una capilla en la coronación. Debería ser cuanto antes declarada bien de interés cultural, como la de Trujillo.

Durante el siglo XIX se siguió construyendo en Extremadura de acuerdo con las tradiciones locales, hasta que se introdujeron los sistemas modernos, parecidos a los vigentes en otras naciones. Responsables de ello fueron los ingenieros de Caminos y Canales (más tarde de Caminos, Canales y Puertos), formados en la Escuela fundada en 1802 por Agustín de Betancourt, pero cuya

actividad se suspendió después por algunos años. Aunque, hasta en el presente siglo, pueden citarse casos de fosilización tecnológica.



10. Presa de Zalamea

El estudio de estas presas -sólo hemos citado unas pocas-, nos lleva a las siguientes deducciones:

1. Su uso principal fue alimentar molinos, dada la irregularidad de los caudales. Pero también sirvieron para abastecimientos urbanos, abrevaderos de ganado, lavado de lanas y criaderos de peces: es corriente el embalse de múltiples utilizaciones. El estar emplazados en ríos de escasa aportación, dificultó su uso para riegos.

2. Como se ve, predominan las de contrafuertes, cuyo antecedente puede encontrarse en las de Esparragalejo y Consuegra, así como en otras romanas de menor entidad. Pero también sus autores pudieron haberse inspirado en la utilización arquitectónica de estos elementos, por lo menos desde la Edad Media. La mayor perfección se alcanzó ya en el siglo XVI. No hay diferencia notable entre la de Trujillo, de entonces, y las de Feria y Zalamea del XVIII.

3. Están perfectamente adaptadas a su entorno. Los cursos de agua discurren entre lomas suaves y las escasas cerradas -si en este caso puede así llamárselas- aprovechables no son angostas, sino de bastante amplitud. En estas condiciones, las presas de contrafuertes eran las más fáciles de construir y las más seguras; con la ventaja sobre otros tipos, de que se podían reforzar aumentando el número de ellos, si se advertía debilidad en alguno de los tramos.

4. Por cierto que, en un artículo de autor norteamericano, gracias al cual uno de los autores de esta comunicación -y muchos historiadores de otros países- tuvieron la primera noticia de las presas de contrafuertes mexicanas, se afirma que según el análisis estructural no son estables, a pesar de lo cual se conservan perfectamente e incluso, algunas seguían utilizándose. Eso, que naturalmente tiene explicación, podría dar lugar ahora a una interesante monografía, ampliando el estudio y aplicándolo también a las españolas²³.

Comparando estas estructuras extremeñas con las construidas en tierras de América en las mismas épocas, se observan notables semejanzas. Las de Feria y Zalamea nos recuerdan a la de la Olla, en Guanajato; incluso la fecha de terminación de esta y de la primera citada, es la misma (1747). Y la de los Infantes, sobre el mismo río, que parece más primitivo, también se parece a varias de ellas. La dificultad de encontrar, durante la etapa colonial, técnicos altamente capacitados y operarios diestros, hizo pensar a los responsables en soluciones sencillas, como las extremeñas.

Un número importante de gente procedente de esta región fue al Nuevo Mundo, sobre todo en los primeros tiempos; junto con los andaluces, muchos de los cuales conocerían Extremadura, constituyeron el bloque regional más numeroso²⁴. Creemos que nuestra hipótesis puede ser cierta, y debieron contribuir al trasplante de los esquemas hidráulicos existentes en su tierra; como también lo hicieron en arquitectura. Cabría pensar en intercambios directos de experiencias entre proyectistas y constructores de uno y otro lado del Atlántico; pero, hasta ahora, esto no ha sido documentado: aunque, desde luego, falta aún trabajar mucho en los archivos.

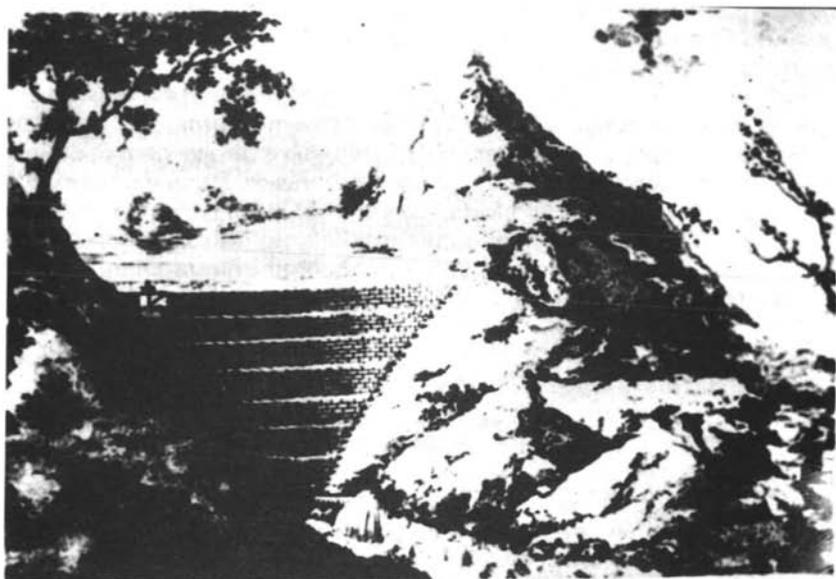
6. Las obras hidráulicas levantinas²⁵

La presa de Almansa, de finales del siglo XV, fue el modelo de las alicantinas de Tibi, Elche, Relleu y Elda, famosas, desde antiguo, por lo avanzado de su concepción así como por su altura y capacidad de embalse, muy considerables para el tiempo.

La de Tibi se construyó en una angostura entre bancos de caliza casi verticales. El dique tiene solamente 9 m. de largo en su parte inferior y 65 en coronación. De planta curva, el paramento de aguas abajo presenta seis escalones, de contrahuellas casi verticales y huellas muy reducidas, disposición con un antecedente romano que ya citamos. La construcción fue comenzada por los regantes en 1580 y se paralizó en 1584. Y entonces los futuros usuarios acudieron a Felipe II en busca de ayuda para continuarla. Este mandó adelantar los fondos necesarios y nombró director al ingeniero Cristóbal de Antonelli. Por fin, en 1594, se dio por terminada, cuando alcanzaba 42'7 m. de altura en lugar de los 52 proyectados. A pesar de los cual, fue la presa más alta del mundo durante cerca de tres siglos. Y, no solo por ello, ocupa un lugar importante en la historia de las técnicas.



11. Presa de Almansa



12. Presa de Tibi

La de Elche, en el río Vinalopó, se hizo para compensar la merma de caudales por causa de las tomas existentes, aguas arriba, para otros riegos. Su creación fue acordada en 1586, encargándose en 1640. Es también de planta curva: altura 23 m., espesor 12. Toma de agua por medio de un pozo con aberturas, desagüe de fondo constituido por una galería perforada en roca. Puede considerarse como la primera que funcionó estrictamente como bóveda, transmitiendo el empuje hidrostático a las laderas rocosas.

La de Relleu en el río Amadorio, cerca de Villajoyosa, sirve para la necesaria regulación de su caudal. En 1653 el rey autorizó se hiciera, terminándose en 1689. También en arco, y situada en una cerrada excepcionalmente favorable, con sólo 1'30 m. de ancho en la base, 40 en la coronación y 28 de altura. Como en las otras levantinas, ambos paramentos están constituidos por sillares calizos²⁶.

Las presas de la zona de Alicante tuvieron como fin el aumentar las disponibilidades de agua, necesaria por la continua expansión de sus antiguos

regadíos. Se erigieron pues, en comarcas de gran tradición hidráulica, en las que el pueblo gozaba de una relativa prosperidad. Lo demuestra el que, a diferencia de lo ocurrido en otras comarcas españolas, se fechan en una época de decadencia económica, ya citada, que obligó a suspender, por ejemplo, las obras del Canal Imperial, de tan grandísima importancia y al que pronto vamos a referimos.

Su ejecución, como es fácil deducir aun de los muy incompletos datos que hemos suministrado, exigía materiales selectos, mano de obra de gran destreza en diversos oficios y una dirección altamente calificada. Por ello no es extraño que, en tierras americanas, las presas arco y arco-gravedad sean más escasas que las de contrafuertes. En cambio, los sistemas de riego del sureste español, por la economía de agua que conseguían y su planteamiento racional, debieron influir en bastantes regadíos americanos, como ya antes hemos indicado.

7. Canalizaciones en el Ebro y el Duero

En la cuenca del Ebro, las obras más importantes desde el siglo XVI al XVIII fueron azudes y canales de riego: de estos últimos, fundamentalmente, uno. Carlos V, en 1528, ordenó se iniciara la construcción de la grandiosa Acequia Imperial de Aragón, según el proyecto de Gil de Morlanes, En las obras del azud de cabecera y primer tramo del canal se trabajó con intensidad durante diez años. Después se interrumpieron. Felipe II quiso continuarlas, pidiendo informe al ingeniero Giovanni Francesco Sitoni, pero nada se hizo. En 1634 Felipe IV quiso seguir los trabajos sin resultado. Hasta que llegaron los tiempos, tan favorables para los españoles, de la Ilustración. Y el proyecto se llevó, en gran parte, a cabo²⁷.

En la cuenca del Duero destaca especialmente la construcción del Canal de Castilla. Su finalidad primaria no fue el riego, sino facilitar la comunicación entre las zonas castellanas, productoras de cereales, con el Atlántico, para que por sus puertos pudieran exportarse. Los primeros estudios fueron sobre la navegabilidad del Pisuegra y ordenados por Fernando el Católico. Años después, las Cortes de Toledo en 1538 y las de Valladolid en 1548 pidieron la apertura de canales de navegación. Suplicaron al Príncipe Felipe, para que los transmitiera a su padre,

"que hiciera venir a España a personas expertas a quienes diera comisión de visitar los ríos y aguas de Castilla y averiguadas sus tierras regables proveyesse lo conveniente a su beneficio".

Siendo regente Maximiliano de Austria éste ordenó el reconocimiento del río citado y también del Carrión, que hizo Bustamante de Herrera acompañado de técnicos alemanes: de lo que vino el hacer navegable parte del Canal de Campos²⁸. Siguiéron después las obras. Buena parte de ellas han desaparecido, pero algunas van a ser restauradas por la Junta de Castilla y León²⁹.

No obstante el escaso avance, durante los siglos XVI y XVII, de los canales en el Ebro y en el Duero, hay que reconocer que sirvieron de inspiración a los gobernantes ilustrados que ordenaron importantísimos trabajos en el XVIII. En ellos intervinieron los ingenieros españoles más destacados, junto a otros, ya famosos, de otros países. Sirvieron también de enseñanza para la construcción de azudes, con el precedente del citado en el Ebro; de grandes canales en terrenos difíciles y cruzando ríos importantes: y de otras muchas clases de obras. Este proceso, con sus etapas de entusiasmo y esperanza seguidas de desengaños, refleja la accidentada historia de España durante tres siglos: en lo político, en lo social y en lo económico.

9. Presas y canales en las zonas centrales

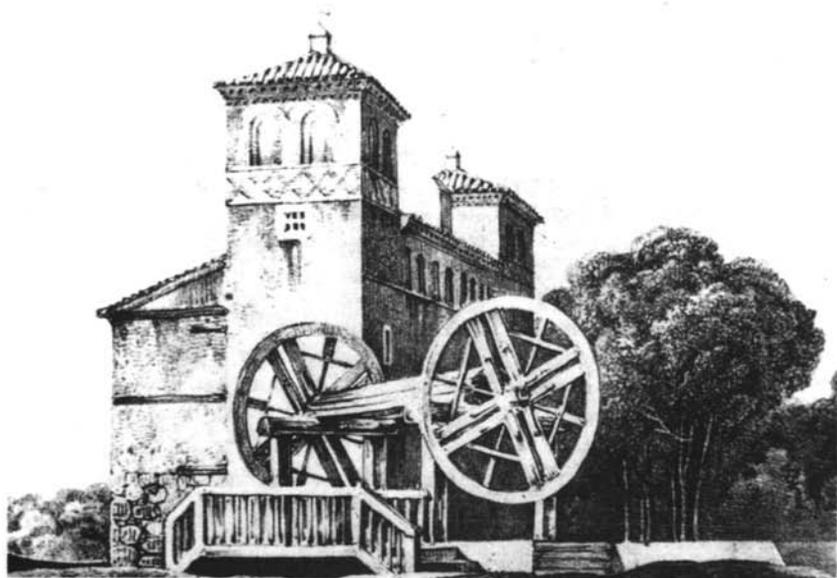
En la cuenca del Tajo las obras más importantes y duraderas de los siglos XVI y XVII, fueron las emprendidas por la Corona, tanto para riego, como buscando recreo y solaz en los Sitios Reales. Así en El Escorial - el conjunto de pequeños embalses de La Granjilla- y en las vegas de Aranjuez, donde confluye el Jarama con el Tajo.

En esta última zona, Carlos V ordenó construir el azud de Valdajos (1530), que deriva las aguas del Tajo al Canal de Colmenar para regar las vegas de la margen derecha, el de El Embocador (1532), muy próximo a Aranjuez, que alimentaba el canal de la Azuda por la margen derecha y el de las Aves por la izquierda.

Ambos son buenos ejemplos de cimentación por medio de pilotes, que soportaban un entramado de madera; este se rellenaba con piedra y cascajo hasta alcanzar su forma definitiva. Tal tipo de azudes, que aparecen por primera vez en la Edad Media, alcanzó su máxima perfección durante el siglo XVI; los hubo también en el Ebro y en otros lugares. Se refieren a ellos los tratados de Cristóbal de Castro y del que, hasta ahora -aunque quizá el enigma se resuelva pronto- denominamos Pseudo-Juanelo Turrano³⁰.

Felipe II deseaba, como su padre, impulsar las obras hidráulicas -era además aficionado a la arquitectura e ingeniería- y en su tiempo se hizo lo que permitía la citada ruina económica del país. Ya hemos tratado de la

colaboración entre ingenieros españoles y extranjeros. Pues un buen ejemplo es la presa de Ontígola cercana a Aranjuez, así como los riegos proyectados en las vegas del Jarama y del Tajo y el intento de navegación de este último río. En este conjunto de trabajos, intervinieron los italianos Juan Antonelli, Turriano, Sitoni, Gerónimo Gil y Francisco de Paciotto, los flamencos Pietre Jansen y Adrian van der Mulse. Y los españoles Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera, arquitectos famosísimos, autores del monasterio de El Escorial, Juan de Castro y Francisco Sánchez, entre otros³¹.



*13. Cabecera de la Acequia Imperial de Aragón.
El edificio es de la época de Carlos V*



14. Grabado antiguo de la Presa de Ontígola

La presa de Ontígola, iniciada en 1563, constaba de dos muros verticales con un relleno de tierra intermedio. En 1567 se reparó una rotura del muro de aguas abajo y se le añadieron los contrafuertes que, desde un principio, había recomendado Juan Bautista de Toledo. Una nueva avería, esta vez del muro frente al agua, hizo decidir una reforma, consistente en añadir otro aguas arriba del deteriorado y reparar éste. La estructura definitiva, tal como hoy se conserva, incluye tres muros, el de aguas abajo con contrafuertes exteriores y el de aguas arriba interiores y dos rellenos de tierra intermedio³².

El deterioro del aliviadero ponía en peligro esta presa históricamente tan importante; pero a ello se ha puesto recientemente remedio. Y ahora se estudia su posible restauración.

La estructura con sus contrafuertes situados de modo especial, debió ser muy conocida en su tiempo ya que la Corte utilizaba el embalse -al que llamó "mar"- para sus recreos, y pudo también influir en algunas del Nuevo Mundo. No sabemos de presas americanas con muros verticales que utilicen la tierra como balasto para asegurar su estabilidad, pero aun todas no están catalogadas. Pero encontramos una gran coincidencia entre el proceso de construcción en

Ontígola y el de muchas de ellas: la gran libertad e ingenio con que sus autores reaccionaron ante las contingencias que se les presentaban; se decidían entonces por soluciones tan poco ortodoxas como, en este caso, el levantar un nuevo muro en lugar de limitarse a reconstruir el que se derrumbó.

9. Los azudes vascos

Desde el medioevo³³ los hubo en este País, como parte de molinos y, más tarde, de ferrerías: ya que sus hierros fueron famosos en Europa.

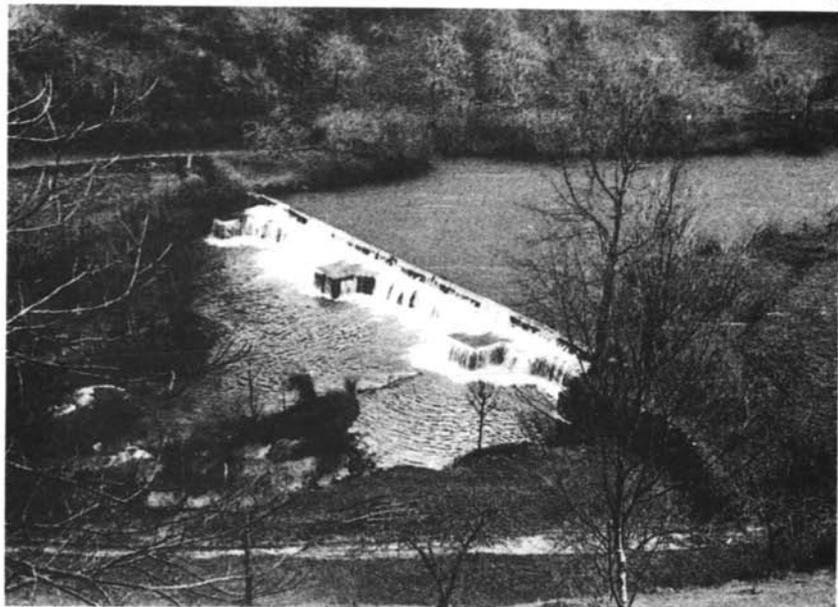
Pero se han estudiado especialmente los que proyectó y construyó Don Pedro Bernardo Villarreal de Berriz, que fue además el autor de un importante libro sobre ellos y la maquinaria hidráulica que necesitaban³⁴. Fue una figura muy interesante entre los llamados *novatores*, que precedieron a los ilustrados. Hay que tener en cuenta que en Vasconia las condiciones para el desarrollo del capitalismo, aunque fuera incipiente, eran mayores. Pues además de un mejor reparto de la tierra, el sistema de clases estaba -en gran parte de ella- basado en la afirmación *para estar, ser hidalgo necesitar*. Lo que, en cierto modo, acercaba al pueblo a la clase dominante.

En el citado libro entre otras cosas, se describen sus presas. Al estar en perfecto estado de conservación, así como su mansión en la villa de Lequeitio, han podido ser estudiados el personaje y sus obras³⁵. Y quizá, en un próximo futuro, un libro aparezca incorporando nuevos descubrimientos.

Todas son de contrafuertes pero con los tramos entre ellos en arco, por lo que pueden considerarse también como de bóvedas múltiples. Las dos más antiguas Ansotegui y Barroeta (hoy llamada Osiyán), erigidas probablemente entre 1688 y 1735. De ellas dice su autor que quedaron *fuertes, hermosas y muy a gusto de sus dueños*.

La más importante es la de Bedia, que sustituyó a una de un solo arco que se había llevado el agua: y, según Villarreal, ... *se ha visto la firmeza con que ha quedado esta nueva de cinco arcos*. Impresiona el ver que, sin modificación alguna, sigue cumpliendo perfectamente su cometido. Su embalse no alimenta hoy una ferrería sino una central eléctrica; y es curioso que, cuando últimamente la visitó uno de los autores de esta comunicación, es la central la que estaba siendo modernizada. Lo que no obsta para que pidamos que las cinco estructuras sean declaradas, cuanto antes, bienes de interés cultural.

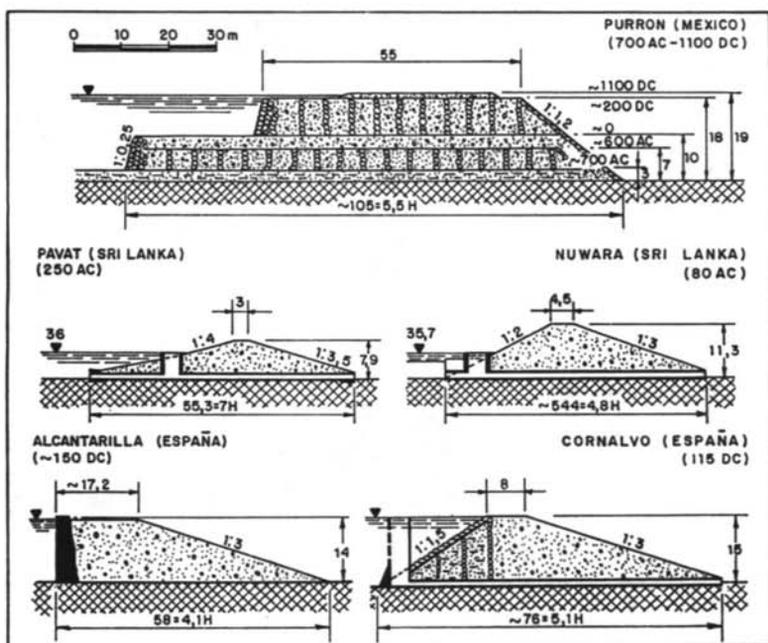
Anterior a Bedia es la de Guizaburuaga con tres arcos desiguales cuyas cuerdas miden 9, 10, 5 y 7,5 m.; ello, según indica, *por aprovechar peñascos levantados*, que podemos ver se convirtieron en estribos de las bóvedas.



15. Presa de Bedia



16. Presa de Guizaburuaga (hoy llamada de Arencibia-Errota)



17. Sección de la Presa Mexicana de Purrón, comparada con la de otras antiguas.

A principios del siglo XVIII, fecha de varias de estas estructuras, hubo, como en todas las épocas de la Colonia, gran número de vascos en América y trabajaron, entre otras labores, en la minería, lo que exigió presas para resolver las necesidades de agua y fuerza motriz. Es de suponer que estos vascos conocieran lo que escribió Villarreal de Berriz -tuvo tal éxito su libro que se agotó muy pronto, pero empezaron entonces a circular copias manuscritas- e incluso que recordaran los azudes e hicieran otros parecidos. Sabemos, por ejemplo, que D. Vicente Sardaneta y Legazpi ocupó un lugar destacado entre los que promovieron y costearon la famosa presa de La Olla, en Guanajuato. Pero desde luego, como en otros tipos de estructuras hidráulicas, desconocemos otros nombres de los protagonistas de tal transferencia tecnológica. También hubo en América socios de la Real Bascongada de Amigos del País, que conocían y admiraban a Villarreal de Berriz y a su obra³⁶.

* * * * *

Con esto terminamos nuestro trabajo.

Con la esperanza de que pueda ser de alguna utilidad. Y ello, para impulsar el estudio de las muy notables -tanto técnica como estéticamente- obras hidráulicas, que se conservan en la parte de América en que se habla, o se habló, el castellano.

Es probable que algunos de los que nos escuchan desconocieran la existencia, al menos de parte de las presas que hemos ido citando. Pero confesamos que a nosotros nos ocurre lo mismo con las de aquí y damos sobre ello ejemplo, que creemos muy aleccionador.

Cuando estábamos haciendo el último repaso de este texto, uno de nosotros recibió la separata de un reciente artículo escrito por un destacado historiador de las presas³⁷. Y en él encontramos algo que ignorábamos, y nos ha impresionado. Y es que existe, en México, una de las más antiguas del mundo, la de Purrón, en el Valle de Telhuacán. La parte inferior puede fecharse aproximadamente 700 años AC, lo que ya es bastante extraordinario. Pero, además, su altura fue elevada cinco veces, durante un periodo que se extiende nada menos que a 1800 años. La segunda elevación (ca. 600 AC) y la cuarta, por medio de compartimentos de mampostería en seco, rellenos de tierra arenosa. O sea algo parecido a lo que se hizo en la hispanorromana de Cornalvo, sólo que siete siglos antes... En la figura aparece su sección, comparada con las de Sri Lanka y España.

PROCEDENCIA DE LAS FIGURAS

- 1 N.A.F. Smith, op. cit. en n. 1.
- 2 Idem.
- 3 Cortesía de la Real Academia de la Historia, que lo conserva en su Archivo.
- 4 M.A. Mezquiriz, op. cit. en n. 10.
- 5 CABALLEROS, L. y SANCHEZ PALENCIA, F.J. (1982) *Presas romanas y datos sobre poblamiento romano y medieval en la provincia de Toledo*. Madrid, Ministerio de Cultura.
- 6 N.A.F. Smith, op. cit. en n. 1.
- 7 Idem.
- 8 Idem.
- 9 Idem.
- 10 J.A. García-Diego, op. cit. en n. 19.
- 11 N.A.F. Smith, op. cit. en n. 1.
- 12 CAVANILLES, A.J. (1975-97) *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*. Madrid, Real.
- 13 GARCIA DIEGO, J.A. (1984) "Giovanni Francesco Sironi, an Hydarulic Engineer of the Renaissance". *History of Technology*, 1984.
- 14 1832. Colección de las vistas del Real Sitio de Aranjuez, litografiadas de orden del Rey de España el señor don Fernando VII de Borbón en su real establecimiento de Madrid.
- 15 J.A. García Diego, op. cit. en n. 35.
- 16 Idem.
- 17 N.J. Schnitter, op. cit. en n. 37. Rótulos traducidos.

NOTAS

- 1 SMITH, N.A.F. (1971) *A History of Dams*. Londres, Peter Davis, p. 43.
- 2 CASTRO GIL, J. de (1933) "El pantano de Proserpina". *Revista de Obras Públicas (ROP)*, nº 2631, 449-54. SMITH, N.A.F. Op. cit. en n. 1, pp. 44-7, 100, 152. FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. y colaboradores (1984) *Catalogo de noventa presas y Azudes Españoles anteriores a 1900*. Madrid, Biblioteca CEHOPU.
- 3 CELESTINO, R. (1980) "Los sistemas romanos de abastecimiento de agua a Mérida. Estudio comparativo para una posible cronología". *ROP*, diciembre. Bibliografía en FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. y colaboradores, op. cit. en n. 2, pp. 30-5.
- 4 La primera referencia a esta obra apareció en DIAZ MARTA, M. (1951) "Las presas hispano-romanas de Mérida". *Las Españas*, mayo. Después

FERNANDEZ CASADO, C. (1951) "Las presas romanas de España". *ROP*, julio. Una descripción más completa en (1972) "Comentario de D. Manuel Díaz-Marta al artículo 'Don Pedro Bernardo Villarreal de Berriz y sus presas de contrafuertes' de José Antonio García-Diego", así como en la contestación del autor, ambos publicados en: *ROP*, marzo, 232-38.

5 FERNANDEZ CASADO, C. (1972) *Acueductos romanos en España*. Madrid. El libro recoge seis artículos publicados en la Revista Informes de la Construcción. Sin paginación. Obra importante a consultar para cualquier acueducto hispanorromano.

6 VARIOS AUTORES (1973) *El Acueducto de Segovia*. Barcelona, Ciba-Geygy. RAMIREZ GALLARDO, A. (1975) *Supervivencia de una obra hidráulica. El acueducto de Segovia*. Segovia, Servicio de publicaciones del MOP.

7 WHITNEY, Sh. S. (1983) *Bridges/their Art, Science and Evolution*. New York, Greenwich House, p. 72. Dice haber tomado la anécdota de BRANGWIN, G. y SPARROW, W.S. *A Book of Bridges*.

8 ROMERO, M. (1949) *Los acueductos de México en la historia y en el arte*. México D.F., pp. 39-50. ORIVE ALBA, A. (¿1960?) *La política de irrigación en México*. México D.F., Fondo de Cultura Económica, p. 35 SCHNITZER, N.J. (1981) "Koloniale Aquadukte in Mexico". In: *Symposium über historische Entwicklung der Wasser wirtschaft und der Wasseroersorgung*. Berlín, pp. 73-74. En p. 81 tiene una lista con las características de todos los acueductos antiguos de México.

9 CELESTINO, R. (1974) *Orígenes conceptuales de los complejos hidráulicos romanos en España. La presa romana de La Alcantarilla en Toledo*. Toledo, Real Academia de Bellas Artes y Ciencias Históricas. SMITH, N.A.F. (1976) "Attitudes to Roman Engineering and the Question of the inverted Siphon". *History of Technology*, p. 66-7.

10 Se citó por primera vez en un estudio arqueológico, pero los que lo hicieron no vieron cual era su función: lo que no empaña el mérito de su descubrimiento. La primera monografía fue de GARCIA-DIEGO, J.A. (1975) "Una presa romana en Consuegra". *Revista Agua*, nº 90, 2-9. Al que siguió, del mismo autor, en colaboración con DIAZ MARTA, M. y SMITH, N.A.F. (1980) "Nuevo estudio sobre la presa romana de Consuegra". *ROP*, junio, 487-505. Luego, en un Estudio Conjunto y Comentarios sobre él. En el que intervienen, además de los firmantes de esta comunicación: FERNANDEZ CASADO, C.; CAMPO, A. del; CELESTINO, R.; BARREDO, R.; SCHNITZER, N.J.; PORRES MARTÍN-CLETO, J.; CERRO, R. del; MARTINEZ GIL, F.; PORRES DE MATEO, J.; GARCIA YAGUE, A.; LORENZO BLANC, M.; MEZQUIRIZ, M. de los A. y GARCIA TAPIA, N. VER *ROP*, julio, agosto, septiembre de 1983 y marzo de 1984.

11 SAENZ RIDRUEJO, F. (1974) "La presa romana de Iturranduz". *ROP*, enero, 33-40. Discusión por WAIS, F. y GARCIA-DIEGO, J.A. en el mismo año, marzo y junio, pp. 210-2 y 609-13. El último de los autores citados dudó entonces de la atribución de la estructura a época romana. Pero aquí reconoce su error.

12 Descripción bastante completa en MEZQUIRIZ, M. de los A., op. cit. en n. 10, pp. 194-199. Directora del Museo de Navarra, dirige y suponemos

continua haciéndolo, las campañas arqueológicas, que hoy deben permitir conocer aún mejor esta extraordinaria obra.

13 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. y colaboradores, op. cit. en n. 2, pp. 114-125.

14 CASTRO GIL, J. de, op. cit. en n. 2, pp. 451-2.

15 Como estudio general recomendamos en el de GLICK, Th. F. (1970) *Irrigation and Society in Medieval Valencia*. Cambridge, MA., Harvard University Press.

16 VARIOS AUTORES (1985) *Planos Históricos de Obras Públicas*. Madrid, Biblioteca del CEHOPU, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Interesan en este caso las observaciones de Eugenio Sánchez Giménez sobre los regadíos en las vegas del Júcar, Vinalopó, Segura y de otros ríos en la misma región.

17 GLICK, Th. F. (1972) *The Old Background of the Irrigation Systems of San Antonio, Texas*. El Paso, University of Texas, Western Press. Traducido, compendiado e ilustrado por DIAZ MARTA, M. (1988) *Los Sistemas de riego canarios y su transplante a San Antonio, Tejas*. "Los Cuadernos de Cauce 200", 15. Madrid.

18 DIAZ MARTA, M. (1987) "Los azudes del Tajo en Toledo y Aranjuez". *ROP*, febrero, 103-10.

19 GARCIA DIEGO, J.A. (1977) "Old Dams in Extremadura". *History of Technology*, p. 121 y (1979) *Las presas antiguas de Extremadura*. Badajoz, Institución Pedro de Valencia de la Excm. Diputación de Badajoz. Es la traducción del texto inglés, sólo ligeramente ampliado, pero con fotografías. El inconveniente es que el libro no está paginado, por lo que nos referimos a la edición inglesa. Pero siendo poco extenso, no es fatigoso localizar datos en él.

10 GARCIA-DIEGO, J.A., op. cit. en n. 19.

21 Ibidem, pp. 115-21. En FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. y colaboradores, en n. 2, pp. 218-23, hay afirmaciones con las que el autor citado inmediatamente antes no está de acuerdo.

22 (1829) *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. Madrid, en la Imprenta Real, III, pp. 56-8.

23 HINDS, J. (1932) "200-Year Old Masonry Dams in Use in Mexico". *Engineering News-Record*, pp. 251-3. SMITH, N.A.F. op. cit. en n. 1, pp. 141-4. En la última de estas páginas coincide con nuestras ideas sobre la transferencia tecnológica a México.

24 BAUDOT, G. *La vie quotidienne dans l'Amérique espagnole de Philippe II-XVI^e siècle*. París, Hachette, pp. 16-9.

25 Aún sigue siendo el más importante, un libro publicado hace más de un siglo. AYMARD, M. (1864) *Irrigations du midi de l'Espagne*. París, Eugene Lacroix Editeur.

26 SCHNITTER, N. (1973) "Alte Talsperren in Spanien". *Wasser und Energiewirtschaft*, Nr. 5, 179-83.

27 VARIOS AUTORES (1984) I Conde de Sástago. *Descripción de los canales imperial de Aragón i real de Tauste*. (Facsimile). II *Presentación y una serie de estudios modernos*. Madrid. Biblioteca CEHOPU. FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. y colaboradores, op. cit. en n. 2, pp. 146-65.

28 GARCIA TAPIA, N. y GARCIA-DIEGO, J.A. (1987) *Vida y técnica en el Renacimiento. Manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo*. Valladolid, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones, pp. 53-4, 121-2.

29 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. y colaboradores, op. cit. en n. 2, p. 166-203. GARCIA-DIEGO, J.A. (1978) "Comentarios al artículo 'Betancourt y el Canal Imperial' de Fernando Saenz Ridruejo". *ROP*, marzo y julio, 8-14.

30 CASTRO, C. de (1983) "De la fortificación". In: *Tres tratados sobre fortificación y milicia*. Madrid, Biblioteca CEHOPU. Capítulo VII. PSEUDO-JUANELO TURRIANO (1983) *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*. Madrid, Editorial Turner, pp. 241-270. FRAGO, J.A. y GARCIA-DIEGO, J.A. (1988) *Un autor aragonés para los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas*. Zaragoza, Colección Estudios y Monografías, Diputación General de Aragón.

31 GARCIA-DIEGO, J.A. (1984) "Sobre aventuras de ingenieros italianos renacentistas". In: *Historia de las Obras Públicas*. Madrid, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 155-69.

32 GARCIA TAPIA, N. y RIVERA BLANCO, J. (1986) "La presa de Ontígola y Felipe II". *ROP*, mayo-junio, 479-92. SCHNITTER, N.J.; SMITH, N.A.F. y DIAZ MARTA, M. (1986) "Comentarios al artículo 'La presa de Ontígola y Felipe II' ". *ROP*, julio, 527-41.

33 AGUIRRE, A. (1986) "A Dam of the Middle Ages in Guipuzcoa: the Dam of Yarza". In: P. Bauters (ed.) *The International Molinological Society. Transactions of the 6th Symposium*. Gent, Belgium, 351-65.

34 VILLARREAL DE BERRIZ, P.B. (1736) *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los arboles y montes de Vizcaya*. Madrid, en la Oficina de Antonio Marín. Edición Facsmile Ç(1973) con prólogo de José A. García-Diego, San Sebastián, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones.

35 GARCIA-DIEGO, J.A. (1971) "Don Pedro Bernardo Villarreal de Berriz y sus presas de contrafuertes". *ROP*, agosto.

36 Se ha publicado una edición facsimile (1985) en doce tomos que incluye el Ensayo y los Extractos de las Juntas Generales (1771-1793), San Sebastián, Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones. Obra importantísima que convendría analizar.

37 SCHNITTER, N.J. (1988) *The evolution of embankment dams*, Water Power & Dam Construction Handbook, p. 28. Cita como fuente original, WOODBURY, R.B. and NEELEY, J.A. (1972) *Water control Systems of the Tehuacan valley*, vol. 4, Austin, Texas, University of Texas.