

que el operario sólo ejerza 8 á 9 kilogramos sobre el manubrio, aunque en el primer momento puede ejercer de 25 á 30. Si hay varias colas dentadas los piñones que engranan con ellos irán en un mismo árbol, y entonces van articuladas las barras con los hierros que van clavados en la compuerta. A veces se terminan las colas por cadenas que pasan á un torno de madera que descansa en los montantes, provisto de una rueda de trinquete y lo mueven varios hombres con auxilio de palancas que se introducen en agujeros de la superficie del torno; otras éste está hecho con barras en forma de linterna, lleva lateralmente el trinquete, y los hombres aplican sus manos á dichas barras. Para poderlas mover fácilmente suelen hacerse de dos partes, una bajo otra, que se mueven separadamente. Suele dejarse á veces la parte inferior de la compuerta fija ó durmiente, pero puede destruirse con el choque de algunos cuerpos.

Cuando el portillo pasa de 5 metros de ancho se cierra, como en las presas movibles ó en los portillos de las fijas, con tabloncillos horizontales que se meten en rebajos hechos en las paredes laterales. Cada tabloncillo lleva dos anillas, en las que obran dos hombres con pértigas para subirlo y bajarlo. Para hacer que sea la misma agua quien quite los tabloncillos, pues es operación más difícil sacarlos que meterlos, suele llevar por un extremo una cadena cada tabloncillo, sujeta á la fábrica, y por el otro un madero vertical en el que se apoyan todos los tabloncillos. Dicho madero puede girar al rededor de un gozne que hay en el fondo y va sujeto por la parte superior con un tarugo: no bien se quita éste, empuja el agua los tabloncillos que hacen girar al madero sobre su gozne, quedando éstos flotando y sujetos por la cadena en la corriente que forma el agua al salir por el portillo. Este sistema produce choques violentos en los tabloncillos, y para evitarlos se han ideado procedimientos ingeniosos que no describiremos por no alargar demasiado este capítulo. De todas suertes, diremos que á pesar de sus inconvenientes es mejor dicho sistema que el de colocar los tabloncillos verticales y el poste horizontal, como se ha hecho en algunos casos.

Cuanto dejamos dicho en este capítulo sobre obras de arte aplicadas á canales y lo que indiquemos en el siguiente para las de pantanos puede aplicarse al IV para las obras necesarias en los desecamientos, y en general para todas las hidráulicas. Así, por ejemplo, lo expuesto sobre compuertas últimamente, reza con todo cerramiento de agua que haya de cubrirse con una tapadera movable, sea vertical, sea inclinada, sea horizontal.

### CAPÍTULO X

#### Pantanos y estanques para el riego (1)

**IMPORTANCIA DE LOS PANTANOS.** Bajo este nombre se designan desde tiempo inmemorial en España los depósitos que se hacen para almacenar las aguas de lluvia, y lo mismo podrían ser las de deshielo, con el fin de utilizarlas en los momentos convenientes; la acepción de esta palabra es distinta de la genuina significación de pantano, pues ésta se refiere á agua encharcada natural, generalmente dañosa para la salud y la vegetación, y en este sentido la hemos empleado en los capítulos IV y V. Sin embargo, admitiéndola como voz técnica, aunque vulgar, llamaremos pantanos en este capítulo á los depósitos hechos para el riego en grande escala, nada malsanos en general, reservando la voz alberca para los depósitos pequeños, la de estanque ó balsa para los medianos, y la de lagos para los depósitos naturales.

Son quizás los pantanos en España medios de riego más importantes aún que los ríos: en efecto, la escasez del caudal de éstos en verano, lo profundo de su curso en general, el correr muchas veces por el sub-suelo arenoso parte de su caudal, lo expuestos que se hallan á inundaciones, con grave riesgo de las obras de arte, las exigencias de los dueños de artefactos ribereños y algunas otras circunstancias, dificultan el empleo ordinario de las aguas de varios ríos para fecundar el suelo. Estas dificultades desaparecen casi por completo empleando pantanos, los cuales favorecen á toda la comarca colindante, no sólo por el agua de riego en la estación conveniente, sino también porque almacenan el líquido de las aguas torrenciales ó de deshielo que devastan y asolan algunas comarcas.

Además, los pantanos, situados en gargantas de poco valor, donde las expropiaciones son casi insignificantes en terrenos y en artefactos, presentan ventajas incalculables en

(1) Además de la Enciclopedia, tantas veces citada, nos ha servido especialmente para lo que se refiere á España la notable obra del ingeniero Aymard, titulada *Irrigations du Midi de l'Espagne*.

muchas localidades de nuestra Península. Por esto, sin duda alguna, hay pantanos en España muy importantes desde hace siglos, y no es dudoso que el gran adelanto experimentado por las artes de construcción en nuestra época permitirá aumentar el número de pantanos que hoy existe y fertilizar muchos terrenos casi improductivos.

En nuestras provincias de Levante, donde pasan meses enteros sin caer una gota de agua, hasta que viene un día de tempestad en que los turbiones asolan é inundan los campos, con más daño que provecho, están indicados los pantanos como medio seguro de utilizar estas aguas excepcionales y guardarlas juiciosamente para emplearlas á medida que sean necesarias en la fertilización de los terrenos.

Una capa de agua de algunos milímetros de altura caída en poco tiempo, por ejemplo, en una hora, multiplicada por el área de una gran cuenca en que cae, produce un volumen considerable, que arrastra la tierra vegetal y con ella á veces las plantas, lleva en suspensión á los arroyos la parte más rica de aquélla, inunda los valles y causa todo género de destrozos; mientras que ese mismo volumen de agua almacenado en un pantano evita estos inconvenientes. Verdad es que el pantano no puede comprender sino una cuenca limitada, pero por lo ménos las aguas de ésta no dañarán, en un día de tempestad, á las tierras más bajas, y el mejor cultivo de las últimas y aún las labores dispuestas para el uso de riegos, disminuirán los inconvenientes de la lluvia torrencial directa sobre los terrenos bajos.

Hé aquí las palabras de Gasparin, que resumen admirablemente este asunto: «En todas las partes en que un valle que recibe las aguas de una vasta superficie deja escapar, después de las lluvias ó las tormentas, un torrente pasajero, que muchas veces descompone los terrenos inferiores; allí donde un arroyo poco abundante para ser útil puede ser retenido y reservadas sus aguas para las necesidades, la creación de un depósito puede llegar á ser una fuente de riqueza. Basta calcular la cantidad de agua que se puede recibir, la extensión del pantano que debe formarse y el coste de su construcción, y luego hacer el balance de estos gastos con el aumento de valor que adquirirán los terrenos que han de regarse.»

**PRINCIPALES PANTANOS EN ESPAÑA.** La antigüedad del empleo de las aguas almacenadas en pantanos ó albercas para los riegos es muy considerable. Ya los egipcios formaban diques trasversales, millares de años há, para detener las aguas de las crecidas de su célebre río. Usábanse también en Asia al par de los canales, y en todos los países cálidos y secos se ha sabido dar á estos asuntos la importancia que merecen. En China hay también grandes pantanos para alimentar las tierras sumergidas en que se cultiva el arroz, base del alimento de esta nación.

Los árabes construyeron en España algunos pantanos y muchas albercas, que han sido después más ó ménos modificados. Citaremos las principales obras españolas de este género y las épocas de su construcción.

El más notable es el de Tibi, destinado á regar la huerta de Alicante: hállase en una garganta formada por los montes Mas de Bou y Crezta; su presa está en arco de círculo, tiene una longitud de 67,43 metros y una altura de 44,58; se empezó la obra en 1579 y terminó en 1594, habiendo aparecido una gran hendidura en la presa en 1697, que se compuso perfectamente en 1798.

El de Almansa es más antiguo, aunque poco: su altura es de 20<sup>m</sup>.67. El de Elche tiene una presa de 23,20 de altura.

El pantano de Lorca, en la confluencia del Velez y del Luchena, tiene una presa en el

sitio llamado Puentes, cuya forma es quebrada, constituida por tres rectas, con 50,15 de alto; comenzada en 1785, se arruinó en 1802, con grandes desastres para la comarca inferior. Otro tanto sucedió en 1799 al pantano del Gasco, comenzado en 1788, aprovechando el río Guadarrama, con una presa que tenía la enorme altura de 93,33 metros en el proyecto y fué destruida por las aguas cuando alcanzaba á 57,12.

El pantano de Valdeinferno, cerca de Lorca, sobre el río Luchena, comenzado para 35,50 metros de altura, no completamente utilizado. El de Nijar, sobre la rambla del Cañizal; su presa, que es curva, tiene 105,32 de longitud.

Dejando otros de ménos importancia, citaremos por último el pontón de la Oliva, sobre el río Lozoya, cuya presa tiene 72,44 metros de longitud y 32,04 de altura: comenzada en 1852 y terminada hace algunos años, forma un inmenso pantano donde se recoge el agua que viene á Madrid para su servicio, habiendo el proyecto, aún no realizado, de aprovechar el sobrante de las aguas consumidas por la población en el riego de los terrenos que la rodean. Las grandes filtraciones que há, no ya en la presa, cuya construcción es excelente, sino en el fondo del pantano, formado por un terreno muy permeable y lleno de socavos, hace difícil la realización del plan que se concibió, á pesar de las grandes obras que se han hecho para impedir las filtraciones. Uno de los objetos de este pantano fué elevar la altura de la toma de agua, como necesaria para que ésta venga á Madrid por un canal de pendiente suave, pero de 70 kilómetros de longitud.

Describiremos con detalles más adelante los pantanos citados destinados exclusivamente al riego.

**CLASES DE PANTANOS.** Todas las presas de los ríos que no son muy caudalosos ni tienen un régimen casi constante, forman un gran remanso que en todo rigor pudiéramos considerar como un verdadero pantano. No es ésta, sin embargo, la acepción que damos á la palabra y la limitamos al caso de presas altas que contienen las aguas de ríos de poco caudal, ó de grandes variaciones en el mismo y también cuando no hay río alguno, sino los torrentes propios de las gargantas. Atendiendo á esta consideración, hemos indicado los principales pantanos españoles y las alturas de sus presas.

También pueden considerarse como pantanos grandes extensiones de terreno cerrados por obras de poca altura y en las que se detienen las aguas de lluvia, pero esta última clase es de menor importancia relativa en España, pues la detención de aguas con capas de poca altura y en países cálidos es muy comprometida para la salud pública por la fácil descomposición de las aguas además de la mucha evaporación. En los pantanos grandes no hay temor alguno para la salud, si el agua no queda encharcada y á poca altura á medida que se gasta.

En el norte de Italia se emplean desde hace muchos siglos canales alimentados por los lagos, estándolo éstos á su vez por los deshielos y lluvias de las montañas derivadas de la cordillera apenina. En Francia es donde hay varios estanques de poca altura con bordes de tierra, y en la provincia de Alicante se encuentran también algunos de este género, aunque el espesor de su capa de agua es bastante grande.

Es de recomendar á todo propietario en una comarca que no sea húmeda la construcción de una alberca hácia la parte más alta de su finca, para que llenándose en invierno con agua de lluvia, y si es posible recogiendo la de algún arroyo ó manantial, pueda regar toda su finca por medios fáciles y económicos, observación que hacíamos ya al tratar de abonos líquidos.

**VOLÚMEN DE UN ESTANQUE.** Para calcular el volúmen que debe darse á un pantano, estanque ó alberca es preciso ante todo conocer la extension del terreno que se va á regar y la cantidad de agua empleada por hectárea, segun el clima, naturaleza del suelo, clase de cultivo, etc., conforme especificábamos en el capítulo VI. Recordaremos al mismo tiempo lo que decíamos en el capítulo IV en el problema inverso del actual, que era el desecamiento de una capa de agua perjudicial para la salud y para la agricultura. Como allí, habrá que aforar aquí los arroyos ó torrentes que afluyen al pantano y la cantidad de agua de lluvia en la conarca con arreglo á las indicaciones del pluviómetro. Las diferencias entre las reglas que daremos ahora y las que dimos en el primer caso, se explican fácilmente observando que era conveniente para evitar toda clase de equivocaciones llegar á una evaluacion del máximo de la cantidad de agua que se ha de recibir en el primer caso, mientras que en el de que ahora se trata es más importante detenerse en un mínimo, el cual tiene lugar precisamente en los años en que el depósito reciba menos cantidad de agua y que las tierras necesiten más.

El agua de los depósitos tiene dos orígenes diferentes: los manantiales ó arroyos de gascito más ó menos regular, y las aguas de lluvia que corren por la superficie del suelo. Basta aforar, durante un largo período de tiempo, las corrientes permanentes en un punto próximo al depósito proyectado, para evaluar el volúmen de agua que proporcionaran; la determinacion de las aguas de lluvia que corren por la superficie del suelo ó se reúnen en regueras que las conducen al depósito, presenta más dificultad é incertidumbre. Véase cómo se debe proceder en este caso.

Debe terminarse primero la extension de la superficie que vierte en el depósito proyectado. Esto se consigue fácilmente trazando, por medio de algunas nivelaciones, la línea del lecho que circunscribe el depósito, ó más sencillamente aún por medio de un buen plano topográfico de la localidad, si existe.

Cuando se ha calculado la superficie del depósito, si se quiere proceder con exactitud, ó si se trata de obras de gran importancia, es preciso determinar la altura del agua de lluvia que cae anualmente en diferentes puntos de la cuenca afluente al depósito y tomar el término medio de los resultados obtenidos. Pero este método es demasiado largo y complicado para trabajos particulares de pequeña importancia. Será preciso limitarse á tomar por la altura de agua caída en el sitio que se considere la que se haya observado en una localidad semejante y próxima, en lo posible, de la de que se trate. Los medios suministrados por las observaciones metereológicas, deben reducirse en cierta relacion para evitar toda equivocacion en los años de sequía. Sería difícil fijar esta relacion de una manera absoluta; pero en la práctica parece suficiente tomar por altura de agua que cae en el depósito que se considera los  $\frac{3}{4}$  ó los  $\frac{2}{3}$  en los países muy secos del término medio proporcionado por muchos años de observaciones. Esta altura de agua así corregida, multiplicada por la extension de la vertiente, representará la cantidad de agua con que se podría contar si llegase toda al depósito y se conservase en él sin pérdidas; pero la evaporacion y las filtraciones que se producen, sea en la superficie del suelo, sea en el mismo depósito, reducen en gran proporcion, como vamos á indicar, por algunos ejemplos, las aguas disponibles.

**EJEMPLOS.** En el canal de Borgoña se ha aforado el Brenne con el mayor cuidado durante 1.120 dias, observando al mismo tiempo las alturas de agua caída en Pouilly y se han obtenido los resultados siguientes, demasiado importantes para no ser íntegramente expresados.

AÑOS	Altura de agua dada por el Brenne por metro cuadrado	Lluvia caída en Pouilly	Relacion
1834 (tres meses) . . . . .	0m.,036	0m.,110	0,32
1835. . . . .	0,432	0,856	0,50
1836. . . . .	0,729	1,019	0,70
1837 (diez meses) . . . . .	0,377	0,705	0,53

Las relaciones del agua recogida, con el agua caída en el depósito, son respectivamente 0,45, 0,19, 0,14 y 0,27 para los de Grosbois, de Poulthier, de Tillot y de Chazilly, en el canal de Borgoña. En el canal del Centro se ha encontrado 0,34 para el estanque de Torcy y 0,25 para el de Berthaud, admitiendo que la altura de agua de lluvia caída era de 0m.,65 en el valle de este último depósito. En fin, se admite que los depósitos de la montaña Noire reciben las dos terceras partes del agua caída en los estanques que los alimentan.

La capa de agua que cae anualmente en el departamento del Cher, apreciada segun un término medio de 20 años de observaciones, tiene 0m.,53 de espesor. Los depósitos del canal del Berry han sido construidos en la hipótesis, confirmada al presente por la experiencia, de que el tercio de esta cantidad, es decir, 1,766 metros cúbicos por hectárea, llegaria á los depósitos.

El depósito de Settons, recientemente construido para alimentar la navegacion del rio Yonne, tiene una capacidad de 22.000.000 de metros cúbicos; su superficie es de 400 hectáreas. Puede llenarse dos veces por año. La cuenca de la Cure, aguas arriba del depósito, tiene 4.400 hectáreas de superficie, y caen en ella por año, término medio, 1m.,38 de agua de lluvia, lo que hace un volúmen de 60.720.000 metros cúbicos. La Cure gasta por año 55.000.000 de metros. Las pérdidas por imbibicion y evaporacion son extremadamente pequeñas, como se debia esperar en un país granítico, elevado y cubierto de vegetacion.

Los números precedentes permiten fijar por analogía el volúmen de agua suministrado á un depósito por cada hectárea vertiente. Se puede admitir en resumen, y como resultado práctico medio para las pequeñas operaciones, que en el centro de Francia no se debe contar sino con la mitad lo más del volúmen caído, en el bien entendido de que se toma por este volúmen los  $\frac{3}{4}$  ó  $\frac{2}{3}$  solamente, como hemos dicho, de la altura media de lluvia obtenida por gran número de años de observacion. En España debe tambien contarse con la mitad primera; para la última cifra contentarse con el límite inferior.

Para evaluar el volúmen de agua que quedará disponible para los riegos, es preciso aún deducir del resultado calculado, como acabamos de decir, el volúmen de agua arrastrada por evaporacion de la superficie del depósito. Esta última cantidad es muy variable de un punto á otro. M. Surell estima que la evaporacion durante el período de verano es de 0m.,007 por veinticuatro horas en los estanques de la Camargue. La temperatura de esta parte de Francia explica lo elevado de esta cifra, que es casi doble de la que se puede adoptar en el centro. Se admite generalmente que la evaporacion actual en Francia arrastra