

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**Redactor-Presidente...** Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo  
**Redactores.....** Los Sres. Presidentes de las Comisiones Regionales de Ingenieros.  
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.  
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.  
**Colaboradores.....** Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

## MEJORAS EN LA CUENCA DEL CINCA

El río Cinca, subafluente del río Ebro, tiene sus orígenes en la región más elevada del Pirineo; en su curso de 210 kilómetros descendiendo sobre 2.000 metros; su cuenca de unos 15.000 kilómetros cuadrados, que comprende tres cuartas partes del Alto Aragón, ofrece, por tanto, pendientes sumamente pronunciadas, por sus tributarios superiores Ara y Esera, recibe respectivamente aguas procedentes de las nieves perpetuas de Tres Sorores y Montes Malditos, únicos ventisqueros que con propiedad pueden denominarse así en el Pirineo y en toda nuestra Península. Excepto en la proximidad de la divisoria, en donde las lluvias son más frecuentes, el clima de la cuenca es muy seco por causa de la orientación del Pirineo que obstruye el acceso á las nubes procedentes del Atlántico.

Estas circunstancias determinan los caracteres de régimen del río: 1.º Caudal constante y relativamente voluminoso en estiajes é invernajes, si se compara con la mayor parte de los ríos de nuestro país de cuenca análoga, y aun con los de cuencas más extensas; gracias á los ventisqueros que surten al Cinca y á la altitud de su cabecera. 2.º Crecidas en otoño y primavera de poca duración pero altas y de gran velocidad.

El primero de dichos caracteres ha sido aprovechado desde hace siglos para el riego de prados en los altos valles y para el de estrechas huertas en las zonas ribereñas del curso inferior, á la par que para funcionamiento de numerosos artefactos industriales. Pero tales aprovechamientos, cortos aunque repetidos, no constituyen todo lo que las singulares condiciones del Cinca y de su cuenca permiten realizar principalmente en beneficio de la agricultura. Sabido es que, mientras la falda francesa del Pirineo central ofrece un brusco descenso junto á la divisoria seguido de bajas llanuras, los contrafuertes de la ladera aragonesa se extienden elevados en muchos kilómetros, y se limitan con altas mesetas hacia el Ebro. Estas mesetas, en donde alguna vez han perecido ejércitos por falta de agua y subsistencias y alguna otra han fracasado en sus empresas detenidos por infranqueables crecidas; esta región que pasan y repasan los viajeros del ferrocarril de Zaragoza á Barcelona, entre Tardienta y Almucellas, con el hastío que produce la estepa, y en la que el más curioso no encontraría sino salpicados pueblecitos rodeados de cultivos secanos productores de lustro en lustro, cuando no los restos desmantelados de aldeas rendidas al trabajo infructuoso; esta región, sin embargo, no carece absolutamente de agua, y es en gran parte rescatable para la producción, combinando los propios recursos naturales mediante actividades apenas desplegadas hasta ahora.

Tal rescate supone un plan vastísimo. Aun eliminando las cuestiones relativas á cultivos, enmiendas, educación agrícola, aumento de población y otras, ajenas á la técnica especial de modificar el régimen de las aguas y de tornarlas mansas y disponibles para el riego é industrias, cabe asegurar que tal modifica-

ción, base del problema, demanda en la cuenca del Cinca un estudio prolijo que abarca en reducido espacio un gran número de interesantes cuestiones.

1.ª *Canales.*—La sugestiva idea de los grandes canales para redimir la agricultura española no puede prosperar enunciada con generalidad, dada la orografía y régimen de casi todos los ríos de nuestro país, aparte otro orden de consideraciones. Pero el Cinca constituye una excepción. El caudal voluminoso y constante de los dos afluentes, Esera á la izquierda, alimentado por las nieves de Maladetta, y Ara á la derecha, alimentado por las de Tres Sorores, y la disposición y naturaleza de los terrenos inferiores á dichos ríos en las respectivas laderas del Cinca, son circunstancias tan indicadas, que ya hace muchos años se proyectaron los canales llamados de Tamarite y de Sobrarbe. El primero para derivar el Esera entero y aun algo del Cinca, es, como todos saben, el que después de no pocas vicisitudes, se construye hoy por el Estado con el nombre de canal de Aragón y Cataluña, porque se destina á regar tierras de Huesca y de Lérica hasta su desagüe en el Segre. El segundo, para conducir el caudal del Ara, menos afortunado que el anterior, no ha pasado de proyecto estudiado por un particular. Juntos ambos, llevarán más caudal tal vez del que suman todos los canales que es posible proyectar en el resto de España. Aun así, hay que rehuir engañosas ilusiones: el valle inferior del Cinca podrá llegar á parecerse á las hermosas vegas de Lombardía, pero dichos canales beneficiarán, á lo sumo, un décimo de la cuenca.

2.ª *Pantanos.*—Estas obras de embalse, ya que no puedan compararse á los canales destinados á aumentar considerablemente el ancho de la vega del Cinca propiamente dicho, desde el punto de vista de la extensión del regadío, prestarán la inmensa utilidad de interrumpir aquellas áridas mesetas de que antes se habló, con varias fajas de huertas, más ó menos anchas, á lo largo de los subafuentes del río principal.

Para ir por partes, considérense sucesivamente las dos grandes vertientes de la cuenca. La vertiente derecha, la más extensa, corresponde al contrafuerte pirenaico que separa al Cinca del Gállego, cuyo nudo en la gran divisoria fronteriza lo constituyen Viñamala y Tres Sorores (Mont Perdu, de los franceses), á más de 3.300 metros sobre el nivel del mar. La dirección general del contrafuerte es hacia el Sur, y estrecho y sumamente elevado no presenta en 70 kilómetros, á partir del Pirineo, más que dos surcos ó valles transversales importantes: el de Ara ya mencionado, afluente del Cinca, y el de Guarga, opuesto ó sea afluente del Gállego. A la referida distancia de unos 70 kilómetros del nudo el contrafuerte se ensancha y ofrece un pronunciado levantamiento cretáceo de E. á O., es decir, paralelo á la gran divisoria: es la sierra de Guara de unos 80 kilómetros de longitud, y de la cual las tres cuartas partes son tributarios de la cuenca del Cinca por seis corrientes nacidas en sus fragosidades calizas y llamadas Isuela, Flumen, Guatizalema, Alcanadre, Alferche y Vero, las cuales se reúnen en las tres últimas antes de afluir al Cinca. La línea de Guara señala un límite á la región montañosa.

del contrafuerte en cuestión, ya que por bajo de Guara se extiende aquel en meseta de 400 á 500 metros sobre el nivel del mar, surcada por los referidos ríos. El extremo del contrafuerte se acusa por una última elevación más modesta y para ella á Guara, que es la sierra de Alcubierre, cuya vertiente Sur directa al Ebro corresponde en gran parte á la provincia de Zaragoza. En ella comprende, sin embargo, la provincia de Huesca la alta región de Valcuerna, que es la vaguada más importante de la vertiente directa.

Descrito el contrafuerte derecho del Cinca, poco puede decirse del izquierdo, en cuanto al objeto que aquí interesa; pues por debajo del Esera, utilizado para el canal de Aragón y Cataluña, la ladera es estrecha y sin otro afluente de relativa entidad que el río Sosa.

Los seis ríos de Guara se prestan perfectamente á embalses útiles. En todos ellos el paso de la sierra propiamente dicha á la meseta inferior se verifica á través de las gargantas ó desfiladeros característicos de las formaciones calizas. En estos puntos, por consiguiente, cabe elegir vaso apropiado, presa reducida y establecida sólidamente y buenos materiales de construcción. Las recogidas de agua no son extensas ciertamente, y por otra parte, sabido es que á la dirección y altura del Pirineo se debe que lleguen escasas á esta región las humedades del Océano. Sin embargo, por las mismas causas, Guara es el condensador de los vapores que rebasan la gran cordillera; por lo cual, y porque en todo tiempo constituye rompiente de las nubes tempestuosas del Mediterráneo, es razonable emplear los pantanos según queda expresado.

Más ó menos, en todas las riberas de los ríos de Guara existen regadíos antiguos; pero como en estiajes é invernajes las corrientes resultan insignificantes ó nulas, son escasos los cotos que pueden contar con el agua, y la inmensa mayoría se estima como de riego muy eventual. En tales condiciones las vegas tienen que ser estrechas y mazuquinas.

Mas el hecho de existir tales cultivos es apreciable para que los pantanos de Guara surtan efecto útil, empezando por asegurar los riegos eventuales sin necesidad de abrir nuevas acequias, y ensanchando después paulatinamente las vegas, mediante la ejecución de canales más elevados, según lo permitan la educación de las gentes y la cantidad de brazos, de abonos y de agua disponible.

El río Isuela está de antiguo embalsado en el pantano de Arguis, que riega su ribera inferior (Huesca y otros términos); por consiguiente, nada hay que hacer en el Isuela más que limpiar el pantano de Arguis, hoy casi cejado por incuria.

El Estado tiene acordada la construcción por su cuenta de los pantanos de Flumen, llamados de Roldán y Santa María de Betués, destinados á subsanar la eventualidad de los riegos procedentes de Arguis y á aumentar tal vez la zona regable.

En cuanto á los demás cauces de Guara, nada existe hecho, ni siquiera los proyectos de pantanos; si bien antes de ahora no ha faltado quien en todos ellos haya propuesto embalses, con más ó menos acierto é insistencia.

Sería curioso enumerar muchas circunstancias apreciables acerca del asunto que aquí se trata; pero resultarían demasiado largas estas consideraciones, que únicamente tienden á exponer un cuadro de conjunto, sin la menor pretensión de detalle ni de rigor; por lo cual, voy á mencionar solamente tres. El conato del Sr. Duque de Solferino para disponer el pantano del Escalar lateral al Flumen, debajo de Huesca, con objeto de asegurar los eventuales riegos existentes; iniciativa abandonada por disensiones locales y ante la expectativa de la construcción por el Estado de los pantanos de Flumen en Guara. Gran utilidad puede reportar la realización de la idea esbozada por D. José Sans Soler, Ingeniero de Caminos en Huesca, quien pretende razonablemente que la llamada laguna de Sariñena, y que más propiamente es bajo-fondo de una cuenca afluente al Alcanadre, no se deseeque cual terreno malsano, según ya se ha intentado, sino que se aproveche como embalse natural, que á poca costa puede com-

pletarse, y que reportaría económica é inmediatamente beneficios á las huertas inferiores á Sariñena, á las que de ordinario no alcanza el agua del Alcanadre. Finalmente, en la Val de Alferche se observan restos de un antiguo túnel de canal de derivación destinado á llevar aguas del cauce á la meseta de Selgua, y todavía puede verse una gran extensión de terreno dispuesto en bancales totalmente abandonados. Tal vez un examen atento de estas y otras circunstancias planteara el problema de si sería más conveniente comenzar la instalación de pantanos por los que á primera vista parecen minúsculos.

Volviendo la atención á la vertiente izquierda del Cinca, en donde ya se ha dicho que sólo existe como de relativa importancia la cuenca del Sosa, cabe apuntar la analogía que uno ó más pantanos en esta cuenca presentan con los de Guara, ya que la sierra Carrodilla es prolongación de aquel levantamiento cretáceo, y que también hay vega en el último tramo del Sosa. Sólo hay que señalar una importante diferencia: la cuenca del Sosa, como en general la comarca del contrafuerte entre Cinca y Segre llamada La Litera, es, como todos saben, lo más seco de esta seca comarca; pues las nubes del Océano encuentran antes de llegar á ella los tres condensadores y difusores Pirineo, Guara y Carrodilla, y los vientos mediterráneos que enfilan la vaguada del Ebro orillan la sierra Carrodilla conservando casi toda su humedad hasta la prominencia de Guara. Afortunadamente, los deshielos del Pirineo conducidos por el canal de Tamarite serán la salvación de La Litera.

Por último, en lo que á embalses se refiere, resta mencionar el aprovechamiento de Valcuerna, cuya situación ya se ha descrito. Su cuenca forma parte de otra región, Los Monegros, poco menos desheredada de lluvias que La Litera, porque se halla más expuesta á las corrientes de Levante. Aquí, la tierra es de superior calidad para cereales; pero no serán quizás tan obvias las obras de pantanos por la naturaleza del suelo y por la falta de buenos materiales.

En resumen: los dos canales del Cinca; los cinco pantanos mayores de Guara en Isuela, Flumen, Guatizalema, Alcanadre y Vero; y los cinco menores del Escalar en Flumen, de Sariñena en Alcanadre, de Alferche, de la Sosa y de Valcuerna, son obras hidráulicas á realizar, y que sin duda se verán realizadas algún día.

Pero con ser ya tan vasto este programa, hay otras muchas obras menos determinadas ó concretas, y que, no por poco sonadas, dejarán de ser eficacísimas al objeto que se persigue: *la conquista del suelo*, frase compendiosa del eminente publicista don Joaquín Costa, Presidente de la Cámara Agrícola del Alto Aragón. Son las siguientes:

3.<sup>a</sup> *Paradas generales y alumbramientos.*—Los canales y pantanos que quedan apuntados y todos los demás posibles que seguramente han escapado en esta superficial ojeada, poco ó muy capaces, más ó menos distribuídos y ordenados, son por sí solos el procedimiento de utilizar en zonas siempre limitadas de las riberas las aguas escurridas del resto de la cuenca. ¿Es lógico semejante procedimiento? Se impone una distinción.

En la zona montañosa del contrafuerte entre Cinca y Gállego, por encima de Guara, en donde son raros los terrenos apropiados para cultivo fuera de las inmediaciones de los cauces, indudablemente que no es ya la mejor, sino la única utilización posible, la de parar el agua en esos cauces. En tal sentido, proceden, pues, los embalses de Guara y los canales de Cinca.

Pero en las mesetas inferiores cubiertas por capa cultivable, el desideratum en cuanto al aprovechamiento de las lluvias, no debe ser dejar correr el agua para luego pararla en los cauces más bajos. Lo lógico es que cada predio procure utilizar en su provecho el agua que en él caiga, más la sobrante ó filtrada del predio superior inmediato que á su vez deberá practicar lo propio.

La retención de aguas en todos los puntos de una cuenca representa el concurso individual y paralelo al recurso que libremente distribuye la naturaleza; y todo lo que no sea esto llevará

en sí vicio de artificio y atentado. Las leyes tienen consagrados tales derechos, pero no basta: es preciso la educación de las gentes, y para prevenir indolencias fatales habrá que escogitar medios de ejercer sobre los propietarios una verdadera tutela social. De todas las suertes, las obras de esta naturaleza salen fuera del cuadro de aquellas á que puede concurrir la colectividad; pero cabe presumir que su aplicación á las mesetas de la cuenca del Cinca representa mayor beneficio tal vez que los pantanos, pues ahora no sólo transcurren las aguas de lluvia sobre la superficie de los terrenos, sino que arrastran á las ramblas la capa útil y destrozan los cultivos.

Hacia Tamarite, Binaced, Selgua y otros puntos de la meseta inferior á Guara y Carro lilla, se ha realizado ya por algunos agricultores la horizontabilidad del terreno con bancales. Pero en donde esta labor representa un trabajo grande y perseverante es en los pueblecitos de la falla meridional de Guara ó comienzo de las grandes mesetas, región conocida con el nombre de Somontano. Allí los bancales tienen que ser enormes por la pendiente de los terrenos, y se sostienen con voluminosos muros de mampostería en seco, trazados según las curvas de nivel. En los valles se complementa esta disposición con agüeras que ceñidas al pie de los muros recogen las aguas procedentes del bancale superior y las distribuyen al inferior. Además, con las tierras procedentes de la excavación y limpia de las agüeras se acorona la coronación de los muros y se realiza una serie de embalses simultáneos en todas las fincas en cuanto sobreviene la lluvia. Pocos años de descuido general bastarían para que esas faldas hoy cubiertas de viña y olivar, quedaran convertidas en roca pelada.

Además, el agua filtrada encuentra ordinariamente en esas mesetas miocenas bancos margosos á escasa profundidad sobre los cuales marcha subterránea hasta los valles. Al hablar de parar el agua en las mismas mesetas, me refiero, pues, no sólo á las superficiales, sino á alumbramientos en muchos casos fáciles.

Así considerado el problema, se ve que es mucho más amplio de lo que suponen canales y pantanos.

4.ª *Mejoras en los cauces.*—Queda, por último, una serie de obras complementarias de todas las anteriores, relativas á evitar los desastrosos efectos que en la cuenca de Cinca, caracterizada por sus grandes pendientes, producen actualmente las corrientes ocasionadas por fuertes lluvias.

En las elevadas montañas que coronan la cabecera de la cuenca del Cinca, los circos más altos están en un proceso de destrucción inatajable, y cada chorrera es un cono de deyección. Algunos de estos conos pueden fijarse modificando su superficie, y con auxilio de la vegetación. Inmediatamente más abajo, en donde existe capa vegetal, siquiera sea muy delgada, procedente de la descomposición de las rocas primitivas y de esquistos, cabe la repoblación forestal, medio lento y carísimo, pero quizá único.

De las mesetas y laderas cultivables ó con praderías, es probable que jamás convenga hacer bosques extensos. Menos capitol, más rendimiento agrícola, y mayor eficacia en cuanto á modificar el régimen torrencial, parece que lleva en sí el procedimiento de paradas generalizadas de las aguas superficiales y subterráneas, según antes se apuntó.

Así y todo, no hay que confiar en que la acción combinada de tantos elementos de retención de aguas y productos arrastrables en las laderas, evite los asoladores efectos de las avenidas en las riberas del cauce principal. Prescindiendo de los subafuentes en donde la obra relativamente facilitada de fijar los ribazos puede y debe ser ejecutada por los propietarios limitrofes, quedarán siempre los 100 kilómetros de cauce inferior del Cinca demandando obras relativamente cuantiosas. Actualmente, la rambla de este río en ese trayecto mide sobre un kilómetro de anchura y en ella divagan las aguas á su antojo; en tal punto arranca el río de una ribera para depositar en la opuesta; y cuando sobre este depósito recrecido más y más, los ribereños han logrado hacer soto que después han convertido en huerta valiosa, cambia la curvatura de la corriente que destroza estos cultivos y la tarea

de recobrarlos empieza en la orilla opuesta. ¿Qué suma no representa semejante alternativa cruel? Aquí las obras para modificar tal estado de cosas no deberán limitarse á conseguir una fijación de las actuales márgenes. Cuatro puentes ejecutados sobre el Cinca, y tres más en proyecto aprobado, demuestran que es posible reducir la anchura del cauce, rescatando para las vegas una faja de terreno de 300 á 800 metros de anchura. He tenido ocasión de estudiar la cuestión en las inmediaciones de Fraga y de ejecutar obras de defensa que son á la vez de encauzamiento y rescate de terrenos; logrando buen éxito con la simple aplicación al caso local del Cinca, de un procedimiento conocido por los Ingenieros, sobre todo desde que Mr. Hardy consiguió con él encauzar la Durance; se trata del sistema de espigones insubmersibles de composición y formas cuidadosamente adecuadas. Fortuna fué para mí hallar analogía tan grande de circunstancias entre la Durance y el Cinca, que me permitió adoptar en materia tan expuesta procedimiento sancionado por la experiencia, y cuya conveniencia, aquí también demostrada hasta ahora, podrá tocarse cuando se extienda á los muchos kilómetros de cauce que demandan mejora. Llevan las aludidas obras de Fraga dos años de prueba satisfactoria (cuatro épocas de avenidas); pero creo prudente dilatar el período de observación antes de publicar las disposiciones y formas allí adoptadas, por si entre tanto se ofrece el trance de corregirlas.

SEVERINO BELLO.

Huesca 18 Septiembre 99.

## EL ION

### EN LA QUÍMICA MODERNA

La molécula, universo de átomos, representada en química por fórmulas geométricas que llegan á ser de tres dimensiones; una simple combinación de sus elementos obliga á retorcerse sobre sí mismo al rígido rayo de luz que la atraviesa; de su palpación, que es el *calor*, pende la evolución de los mundos; elemento más pequeño en que se posa la vida cuando los átomos son de escaso peso y alta valencia y que con un ligero estremecimiento en su constitución puede destruir aquélla; escalón jerárquico de la materia donde se realiza la anamorfosis del calor en energía mecánica, que no es otra cosa que la transformación de la vibración propia, apoyada en su inmóvil centro de gravedad, en el movimiento de éste, ó sea de la molécula en conjunto, y de ahí el choque (presión) de ésta contra las paredes del recinto que las encierra, y movimiento de las paredes móviles, regimientos de moléculas que se trasladan á la vez en el espacio; punto de *repère* en la escala descendente de la divisibilidad infinita de la materia; con carta de naturaleza, caracteres propios independientes de la sustancia á que pertenezcan los átomos y dependientes sólo de su número y posición, como son todas las propiedades coligativas; pues bien, ese *todo* y ese *uno* que se llama *molécula* se pliega suavemente á la continuidad de las leyes físicas, se condensa ó se desdobra, se repliega y estira á lo largo de sus adiabáticas ó isoterma, y permite á la ecuación física del cuerpo marcar con trazo seguro, sin solución de continuidad, el ciclo de Carnot, y sentar en la ley del móvil equilibrio las importantes de la termodinámica. Pero en el mundo químico, al unirse esa molécula con otra en condiciones precisas y determinadas en cada caso, engendrando los cuerpos compuestos marcaba su vida por destellos aislados, distintas combinaciones, puntos sueltos, sin que apareciese la continuidad de la línea, *ser* ó *no ser*, parecía su carácter. Y la química no podía dibujar curvas para encerrar en ellas la medida de un *trabajo*, y sujetar la afinidad química á las leyes de la mecánica, geometría del espacio móvil, como consiguió la física con el calor.