

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

APROVECHAMIENTOS DEL RÍO NOGUERA-PALLARESA

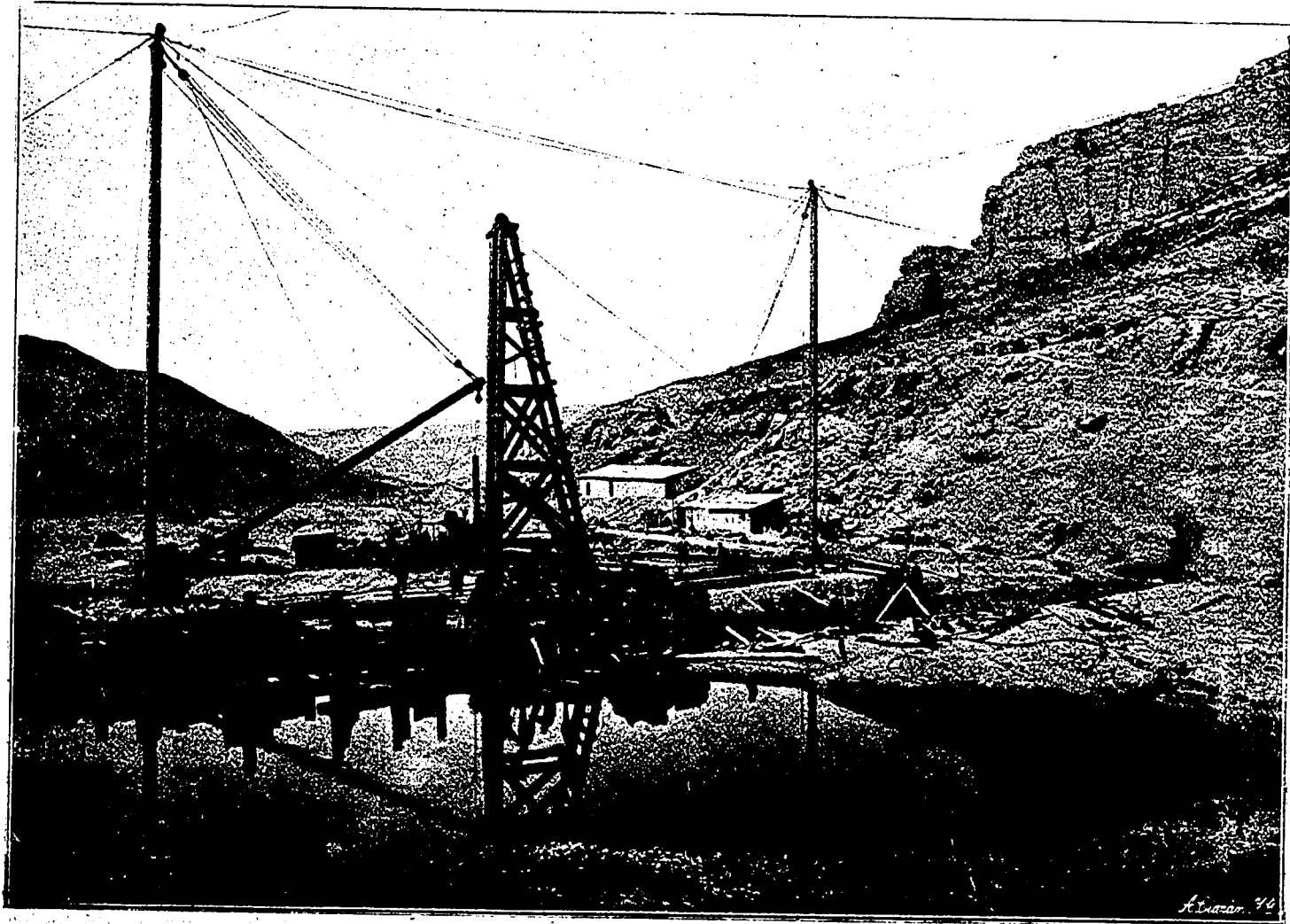
PERTENECIENTE Á LA COMPAÑÍA RIEGOS Y FUERZA DEL
EBRO, SOCIEDAD ANÓNIMA, CONOCIDA EN EL PAÍS POR
LA CANADIENSE

Estudio de las concesiones y trazados propuestos.

La importante Sociedad anónima Riegos y Fuerza del Ebro, creada por el Dr. Pearson, adquirió las concesiones otorgadas á D. Domingo Sert y Badía, reformadas en un proyecto que recibió la sanción superior por Real orden de 8 de Marzo de 1912.

Por Reales órdenes de 14 de Febrero de 1901 y 20 de Mayo de 1907, fueron otorgados á D. Domingo Sert tres aprovechamientos industriales sucesivos del río Noguera Pallaresa, que se desarrollaban por la margen izquierda del citado río, entre la Poblá y Camarasa. Otra Real orden, la de 8 de Marzo de 1910, autorizó la refundición de los tres saltos en un solo proyecto, redactado para un caudal mayor, ó sea de 20.000 litros por segundo, mediante un canal de 51.500 metros de longitud y 0,0005054 de pendiente, produciendo un salto de 217,71 metros. El trazado contaba 11 túneles, cuatro de los cuales sumaban la crecida longitud de 17.370 metros.

En el replanteo aprobado por Real orden de 20 de Julio de 1912 se modificó mucho el trazado, obteniendo un salto de

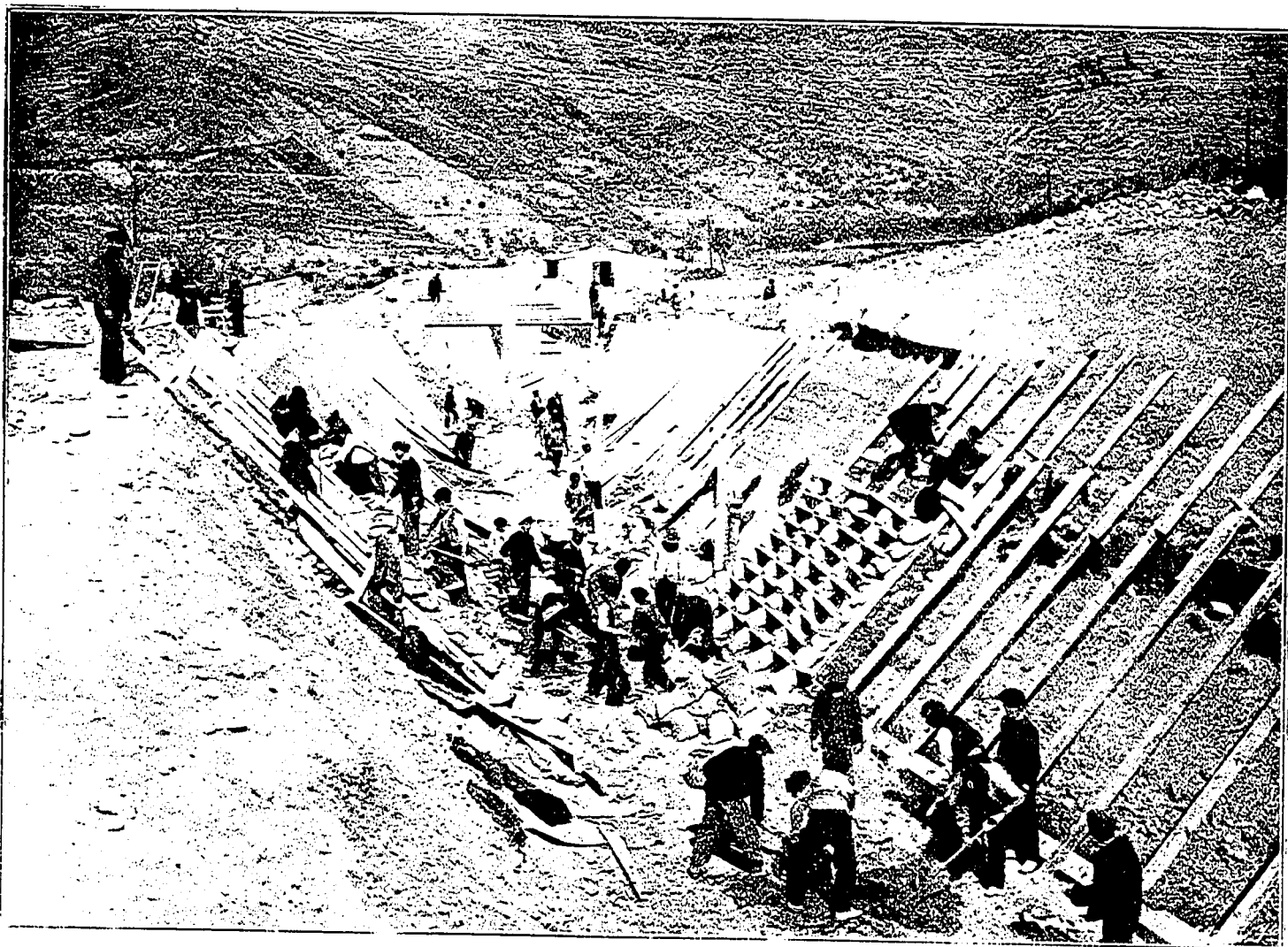


Emplazamiento de la presa del canal de Poblá.

218,20 metros, mediante un canal de 60.829,21 metros, de los cuales 10.000 tenían una pendiente media de 0,00034 al término de la que había una caída de 16,60 y seguía luego un tramo de canal de 50.829,21 metros, con 0,000519 de pendiente media; según este trazado, el número de túneles se elevaba á 17, pero eran todos relativamente cortos y su longitud total era muy inferior á la del citado proyecto: la presa también se modificaba notablemente, pues á partir de la Poblá se desarrollaba por la margen derecha del Noguera-Pallaresa, el cual se cruzaba frente á Rubió, continuándose la traza por los escarpes de los Terradets, en la parte izquierda de ese desfiladero, hasta llegar á Camarasa, en donde se efectuaba el salto.

de utilidad pública con arreglo al art. 200 de la vigente ley de Aguas y la consiguiente declaración de la necesidad de la ocupación de los terrenos cubiertos por el embalse.

En el estudio definitivo de referencia se introdujeron notables mejoras y modificaciones de las concesiones primitivas, de las que no tratamos detalladamente por ser muy superior á los de éstas el proyecto aprobado por la susodicha Real orden, como sucede en general con todos los proyectos reformados, en los cuales deben subsanarse las deficiencias de proyectos iniciales, que de ordinario no pueden redactarse en las condiciones á propósito para que su estudio sea todo lo detenido y perfeccionado que requiere la ejecución de la obra.



Tramo en construcción del canal de Poblá.

Posteriormente se ha solicitado una ampliación del aprovechamiento, consistente en transformar en un embalse el primer tramo del canal, mediante una presa de retenida de 80 metros de altura además de la cimentación, con una longitud de 9.830 metros de remanso; el emplazamiento de la presa fué propuesto en el estrecho de San Antonio, y de ella se derivarán dos canales de riego de 20 kilómetros de longitud para fertilizar 2.500 hectáreas de terreno de la Conca de Tremp.

La superficie ocupada y volumen de agua remansada, respectivamente, es de 878 hectáreas, y el volumen de 219,44 millones de metros cúbicos, de los cuales corresponden 133 millones á los citados 20 metros superiores y continuándose el aprovechamiento con un canal industrial de 50.829,21 metros de longitud, produciendo una caída de 201,68 metros, la que podrá desarrollar una fuerza de unos 80.000 HP., todo lo cual se completaba, además, con el abastecimiento de aguas para Tremp.

Para la obra completa de referencia se solicitó la declaración

Por tal causa, no contenta la Sociedad Riegos y Fuerza del Ebro con el proyecto primitivo, procedió á un minucioso replanteo del proyecto, y al hacerlo, introdujo trascendentales modificaciones en el mismo, las cuales, debidamente autorizadas, son las que relacionaremos aquí, con ánimo de que sean conocidas instalaciones que crean para Lérida y España entera, fuentes de riqueza que ya antes de ahora hubieran debido montarse en beneficio del país en general y en el de la misma comarca conocida por Conca de Tremp.

Entre las concesiones que la Sociedad nombrada ha otorgado á la comarca de Tremp, se encuentra el suministro de la energía eléctrica gratuita para el alumbrado público de 23 pueblos de la citada Conca, cuyos Ayuntamientos, además de disponer sin desembolso alguno del más perfeccionado de los sistemas de iluminación, podrán ingresar en las arcas municipales cantidades relativamente importantes por la venta de corriente á los particulares.

Otro beneficio, muy trascendente, disfrutarán las cuencas leiridanas, y será el consistente en el riego de vastas extensiones de terreno (hoy casi improductivas), gracias á haberse encargado Riegos y Fuerza del Ebro de la construcción de los canales necesarios para el riego, además de haber modificado las obras de la presa de embalse, para poderse éstas utilizar, con objeto de lograr la derivación de las aguas destinadas al riego de la zona de referencia.

A virtud de las modificaciones introducidas en la concesión primitiva, se reproducirá en la comarca beneficiada por ella el efecto ya observado en las comarcas regadas por los canales de Urgel y en el denominado de Aragón y Cataluña, donde, además

no de Pobl de Segur, todo ello con la ventaja de poder obtener un mayor embalse y regularizar al mismo tiempo las dos corrientes torrenciales sumadas de los ríos Noguera-Pallaresa y Flamisell, río este último, de cuyo aprovechamiento superior nos hemos ocupado con anterioridad al describir las instalaciones de *Energía eléctrica*.

A uno y otro lado de la presa se construirán los dos canales de riego, estando el de la margen izquierda al nivel del embalse sin requerir elevación alguna; en cambio, como el canal de la derecha ha de beneficiar terrenos sitos á cotas de más de 40 metros sobre el embalse, es precisa la elevación del agua, mediante la instalación de bombas centrifugas, movidas por electromotores



Trozo ya construido del canal de Poblá.

de un considerable incremento de riqueza, se ha producido un aumento en el contingente de población y en el bienestar social, hechos que en aquélla serán aún más patentes por tratarse de una de las comarcas más castigadas por la emigración no reproductiva, ya que allí numerosas familias completas han abandonado el solar patrio, sobre todo desde que la filoxera destruyó la riqueza vitícola creada con un supremo esfuerzo de aquellos labradores.

Sistema de derivación de aguas.

Para llevar á debido efecto el plan de mejoras convenidas con las entidades locales, se modificó el emplazamiento de la presa ubicándola en la estrecha garganta denominada de San Antonio, en término de Talarn, en un sitio dispuesto, unos 10 kilómetros aguas abajo de la presa proyectada primitivamente, en el térmi-

accionados por fuerzas del propio aprovechamiento hidroeléctrico de que estamos tratando.

La longitud de ambos canales será de más de 35 kilómetros, mediante los cuales en el valle de Tremp podrán regarse vastos terrenos de condiciones muy apropiadas para ello. Además, debe tenerse en cuenta que, al regularizar mediante el embalse de San Antonio el caudal variable del río Noguera-Pallaresa, todos los aprovechamientos inferiores resultarán beneficiados por tal regularización; desde luego podrán aumentarse y mejorarse los riegos inferiores, especialmente los de las comarcas de Camarasa y Balaguer, que son los más perjudicados por la derivación de aguas del canal de Urgel, cuya influencia es luego menos notable por recibir el Segre los abundantes caudales de los ríos Noguera Rivagorzana y Cinca, que son los más importantes afluentes del Segre-Ebro, entre Camarasa y el mar.

De la derivación de aguas para la producción de la fuerza

motriz, motivo principal del proyecto, trataremos luego con la debida extensión, pero haremos constar, ya desde ahora, que el mismo se está realizando por la margen izquierda del río y que se ha calculado para conducir un caudal de 40 metros cúbicos, ó sea el doble del relativo de la concesión primitiva.

Estudio del embalse.

La retención de aguas del Noguera-Pallaresa, mediante la presa que se construye en el estrecho de San Antonio, producirá el embalse de dichas aguas, en extensión de cerca de 10 kilómetros á la cota 540 é inundará terrenos de los términos municipales de Pobla de Segur, Pumañons, San Juan de Vilafrales, Salàs y Talarn por la margen derecha; así como Claverol, San Martín de Canals, Artumit, Montesquiu, Puigdelanell y Orcau por la margen izquierda. Al objeto de precisar con claridad los intereses afectados, los peticionarios han presentado (acompañándola en un anejo) la relación de propuestas de cada uno de los términos municipales; también se inunda un trozo de la carretera de Balaguer á la frontera francesa, lo cual ha motivado el correspondiente proyecto de variante de dicha vía de comunicación.

El embalse de San Antonio se ha proyectado de modo que no viertan las aguas por la coronación de la presa, quedando el nivel máximo de las aguas 2 metros por bajo de la altura de dicha coronación; la toma de aguas se propone en la misma presa y á un nivel de 20 metros inferior, ó sea más bajo que la altura del embalse normal.

La masa de aguas comprendida entre dichas dos alturas distantes entre sí esos 20 metros, constituye la reserva ó depósito disponible para regular el aprovechamiento hidráulico, no sólo por consecuencia de las variaciones del consumo, sino para suplir las deficiencias de caudal durante los estiajes y épocas de aguas bajas. Para calcular la pendiente longitudinal del remanso se ha aplicado la fórmula de Bresse. (*Cours de Mécanique appliquée*, 1879, pág. 254.)

$$V = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2} \right) \times b_1 Q^2 \int_0^1 \frac{x}{\Omega_x^3} ds$$

en la cual V es el desnivel total entre dos secciones extremas, Q el caudal del río = 20.000 metros cúbicos Ω_2 y Ω_1 las dos secciones extremas, y Ω_2 y Ω_1 las intermedias, siendo de 2.500 metros la xequidistancia entre las citadas secciones: aplicadas las cantidades respectivas, resulta que el desnivel total apenas llegará á 1 centímetro. Análoga consecuencia, y por otro procedimiento de cálculo, obtiene para el perfil del remanso el autor del proyecto, según el cual, para el caso de la presa ó vertedero en un canal de sección y pendiente uniforme resulta ser una parábola tangente por un lado á la horizontal en el nivel del arranque de la presa y por otro á la línea de pendiente del río; pero esta parábola, tratándose como en el caso presente ocurre, de una presa de gran altura con sección amplia y variable, así como también la pendiente del lecho, apenas se separa de la horizontal. Esto se prueba aplicando para hallar el desnivel N entre dos secciones 1 y 2 la fórmula siguiente:

$$N = \mu V_1 V_2 \frac{1}{2} \left(\frac{p_1}{s_1} + \frac{p_2}{s_2} \right) d$$

en la cual μ , p_1 y s_1 , representan, respectivamente, la velocidad media, el perímetro mojado y el área mojada de la sección sita aguas arriba; V_2 , p_2 y s_2 , tienen la misma significación res-

pecto de la sección sita aguas abajo; μ representa un coeficiente experimental variable con la naturaleza de las paredes y de la sección, d es la distancia entre las secciones 1 y 2. El desnivel de las secciones obtenido como consecuencia de la aplicación de los respectivos valores, resulta ser sólo de 0,00003 y cifras análogas se obtienen entre las 2 y 3; y 3 y 4 siendo el desnivel máximo entre 4 y 5 de 0,104 metros. Para hallar el valor de μ se aplica la fórmula

$$\mu = 0,0004 + 0,0007 \frac{p}{s}$$

Régimen del río embalsado.

El volumen medio anual del agua caída en la cuenca del Noguera-Pallaresa hasta Pobla, fué en el cuatrienio de 1904 á 1907 de 1.497,5 millones de metros cúbicos, ó sea 0,72 metros cúbicos por kilómetro cuadrado de cuenca, volumen que se refiere á la superficie total de la cuenca; hasta ese punto es de 2.075 kilómetros cuadrados.

El nivel del agua en el embalse lleno, es de 540 metros y la altura ó cota del nivel del canal de conducción, es de 520 metros, quedando esa masa de agua comprendida dentro de los planos paralelos, sitos unos 20 metros por encima del otro y siendo la masa mediante entre ambos planos el volumen del embalse ó depósito regulador que se construye para aumentar el caudal recogido en la cuenca.

Como datos importantes para el cálculo del volumen de agua disponible, se han empleado los aforos hechos en Camarasa por la Compañía del canal de Urgel, comprobados por la Sociedad concesionaria.

Además, para conocer el volumen total de agua disponible en la cuenca afluente al Noguera-Pallaresa hasta la presa de San Antonio, se ha partido de los datos pluviométricos de los canales de Aragón y Cataluña y de Urgel, haciéndolo por comparación, por no haberlos directos en la referida cuenca; la evaporación se ha conceptualado equivalente á una altura de 2 metros y se ha considerado como de 2,40 metros la de filtración, con cuyos datos, en el período de Marzo de 1905 á Diciembre de 1908, á que se refieren las cifras, el caudal acumulado habría sido de 4.941 millones de metros cúbicos, suponiendo inicialmente lleno el embalse.

Del caudal total de agua caída sólo se calcula que llega al talweg y es conducido por el río el $\frac{70}{100}$ del agua caída, cifra que concuerda con las halladas por Mr. Grueff en sus experiencias acerca de ríos del departamento del Loire, que oscilaban entre $\frac{64}{100}$ y $\frac{86}{100}$.

Condiciones del aprovechamiento.

Con el embalse de San Antonio se regulariza el régimen del río más que triplicando su caudal normal en beneficio, no sólo de éste, sino también de todos los sitos aguas abajo, así en el Segre como en el Ebro, hasta su desembocadura en el mar.

Examinando el asunto únicamente, en cuanto al aprovechamiento industrial se refiere, podemos calcular que podrán disfrutar del aumento de 20 metros cúbicos por segundo, por regularización del caudal respecto á saltos, unos 350 metros de altura, que representan 70.000 HP. de fuerza aprovechable; la mejora, en cuanto á los riegos, será más importante y de una trascendencia enorme, además de que en caso de crecidas, que

encuentren el vaso más ó menos vacío, podrán evitarse ó aminorarse las consecuencias de las avenidas.

La importancia de este concepto se comprende recordando que en el estudio hecho por mí de la colosal avenida del Noguera-Pallaresa de 1907 (cuyos datos se aplicaron para el estudio de esta presa, en cuanto á avenidas extraordinarias se refiere) demostré que el volumen de ésta en Camarasa debió llegar á 2.500 metros cúbicos por segundo, durante el período álgido de diez horas.

Calculando ahora que una cuarta parte del gasto produjera el exceso perjudicial, tendríamos que el volumen de agua que debería haberse almacenado para evitar los mayores perjuicios de la inundación, sería de

$$10 \times 3.600 \times \frac{2.500}{4} = 22.500.000 \text{ metros cúbicos.}$$

P. GARCÍA FARIÁ.

(Continuará.)

A continuación publicamos dos artículos más de la interesante polémica que sostiene en el *Madrid Científico* nuestro ilustrado compañero D. Pedro M. González Quijano, titulados «Montes y pantanos» y «Aguas y montes».

MONTES Y PANTANOS

I

Gran satisfacción ha producido al Sr. Cosculluela los dos artículos que publiqué, contestando á su réplica, en los números 776 y 777 de *Madrid Científico*. Yo me congratularía muy mucho del efecto producido, pues no deseo al Sr. Cosculluela más que satisfacciones, si en este caso no le viera pendiente de un hilo, por estar fundado en una supuesta contradicción mía, que la atención más leve puesta al servicio de una buena intención basta á desvanecer.

«No hay que atribuir á los bosques otro valor.....», decía yo; luego alguno le atribuyo, y como lo que tiene valor es útil: «Yo no he negado la utilidad de los montes». Tampoco negué que su efecto fuera nulo para la fijación del suelo, cuando precisamente traté de valorar ese efecto: sólo llegaba á la conclusión de que el medio era demasiado caro y que, cuando se tratara de remediar los aterramientos de los pantanos, era económicamente preferible «aceptar la necesidad de las limpias que tratar de prevenirlas por la repoblación», pero esta última frase, que venía á completar mi pensamiento, no ha parecido oportuno copiarla al Sr. Cosculluela.

No creo que deba detenerme más en esto, y por eso paso ya á tratar del costo de las repoblaciones y correcciones, que es el punto más importante de los tratados por el Sr. Cosculluela en su artículo. Suponiendo que se tratara de un pantano en el que el problema de los aterramientos tuviera importancia, y en cuya cuenca, por consiguiente, existieran torrentes que hubiera que corregir, y que se redujeran las obras y las repoblaciones á la superficie estrictamente necesaria, ó, con más precisión, á la que fuera capaz de arrojar en el pantano 15 ó 20 metros cúbicos de arrastres por hectárea y año (1), asignaba yo para coste inicial de la hectárea corregida y repoblada el de 1.000 pesetas.

(1) Es evidente que, para mi razonamiento, los dos términos inseparables del problema son el costo de los trabajos y los depósitos evitados.

El Sr. Cosculluela reconoce que esta cifra no es disparatada, ni aun siquiera representa un máximo, pues confiesa «que las repoblaciones y correcciones pueden costar más», aunque añade que «en casos excepcionales». Sólo rechaza esa cifra como media. Yo debo hacerle notar, en primer término, que las condiciones del problema no permiten aceptar una demasiada baja. Para que el pantano pudiera obtener algún beneficio de la repoblación, sería preciso que la erosión de la cuenca se encontrara bastante avanzada, y, por consiguiente, si las circunstancias del caso no han de llegar, por lo general, á los límites de la extrema excepción, han de encontrarse, por lo menos, dentro de los de la gravedad. ¿Puede asegurar el Sr. Cosculluela que en ese caso se encuentran las correcciones francesas que él cita? ¿Tan seguro está de que en ellas, no la corrección, sino la repoblación quedó limitada á la superficie indispensable?

Pues aun suponiendo que se atreva á contestar afirmativamente á estas preguntas, todavía habría que hacer algunas observaciones á las conclusiones que de sus cifras deduce.

Las cuencas repobladas en los distintos casos no son bastante uniformes en extensión para que la media merezca confianza, y precisamente las mayores, las que, por consiguiente, más influyen en la media, corresponden á un gasto unitario relativamente reducido (1), de modo que, en definitiva, aunque con la apariencia de media, la cifra de 270 pesetas es la que, desde luego, hubiera podido deducirse de los datos citados por el Sr. Cosculluela para el torrente de Riou Bodoux. Si este torrente y el de Seyne se eliminan, ya la media se eleva á 459 pesetas, y como elementos de esta media se encuentran el torrente de Saniers con 532, y el de Riou Chanal con 764 pesetas. Si á estas cifras añade el Sr. Cosculluela los gastos de repoblación, valorados por él en un 50 por 100, y el valor del terreno que queda adscrito á este solo uso, y el importe de los gastos de guardería, incluso edificios para alojamientos, y el de la dirección facultativa, y el de la reparación de desperfectos durante los primeros años, hasta obtener un estado permanente, fácilmente subirá de las 1.000 pesetas, y muy difícil le será, en el último de los casos citados, quedar por bajo de 1.300. Y no dirá aquí que busco ejemplos á mi gusto.

Pasando de Francia á España, cita el Sr. Cosculluela el ejemplo de la Sierra de Espuña. Ya lo había yo analizado en el primero de mis dos artículos (2), llegando á conclusiones muy distintas, sin que el Sr. Cosculluela se haya dignado tomar en cuenta mis puntos de vista, dejándome perplejo ante la duda de si son realmente insignificantes ó es que no tienen vuelta de hoja.

Cita también las correcciones y repoblaciones de la sierra de Guadarrama ejecutadas por el Sr. Madariaga sobre 458 hectáreas, y en las cuales el coste total por hectárea para ambas operaciones ha sido sólo de 147,26 pesetas, á pesar de haberse construido 6.000 unidades de corrección entre diques, faginas, etc., con lo que resulta que, aun admitiendo que la repoblación costara sólo á 50 pesetas, límite mínimo admitido por el Sr. Codorniu para las artificiales, como ya hice notar en mi artículo, las 6.000 obras no resultarían una con otra más que á 7,42 pesetas, precio verdaderamente maravilloso, aun tratándose de obras al por mayor.

Sin más antecedentes sobre el caso, y fiando en la palabra del Sr. Cosculluela, no creo que quede otra cosa sino felicitar calurosísimamente al Sr. Madariaga, al cual ya tenía yo en un gran concepto, aunque no sabía que llegara á hacer milagros.

Porque es el caso que, á pesar de los prodigios de baratura

(1) La de Seyne, con 1.311 hectáreas, resulta á 111 pesetas por hectárea.
(2) Número 776 de *Madrid Científico*.