

Las obras hidráulicas en la Cuenca del Ebro¹

Labor de la Confederación

Aprovechamiento integral del río Segre

El aprovechamiento integral de un río supone:

a) La formación de un plan de obras que permita obtener la máxima utilidad de sus aguas mediante la coordinación de los diversos aprovechamientos, partiendo del estudio de las zonas propias de cada uno y adaptando a dicho plan el régimen de circulación de las aguas.

b) Cooperaciones equitativas de aprovechamientos industriales, de riego y de navegación, con la debida participación del Estado, en los tramos del río que permitan estas colaboraciones, dando preferencia a uno u otro aprovechamiento, según el factor que deba predominar en cada tramo.

c) Construcción ordenada y metódica de las obras, con un orden de preferencia que responda a las necesidades de la zona y situación de mercados, a fin de que sean aprovechados en todo momento los servicios que han de prestarse con las mismas.

d) Medidas complementarias para asegurar la utilidad de dichas obras, especialmente en lo que se refiere a las de riego.

En general, se ha de partir de un pie forzado para este estudio, pues los ríos se encuentran casi siempre parcialmente aprovechados y con concesiones otorgadas y no realizadas.

Estos aprovechamientos del río, actuales y en potencia, pueden llegar a dificultar el que se obtenga el máximo rendimiento del río, y, de conseguirse, será, en general, contando con un conjunto de obras mayor del necesario en otro caso; pero es igualmente cierto que facilitarán siempre la labor a realizar, por quedar marcada la orientación para llegar al máximo aprovechamiento del río y ejecutada una labor que precisa el paso de varias generaciones para quedar consolidada, siendo algunas veces esta solución impuesta por la realidad la mejor, aunque no sea la técnicamente perfecta, pues no hay que olvidar los variados factores que intervienen en la fórmula que resuelve el problema de la máxima utilización social de las aguas de un río.

La cuenca del río Segre, del que vamos a ocuparnos aquí, se encuentra limitada: al NE., por los Pirineos centrales y Sierra Cadí, con los macizos de la Maladeta (3 404 m), Vignemale (3 298 m), Perdido (3 342 m), Carlit (2 980 m), Puigmal, etc., que la separan de las cuencas de los ríos Garona, Ariège y Tet, de la vertiente del Atlántico, y de las de Ter, Fresser, Llobregat y Cardona, de la del Mediterráneo; al SE., por la Sierra del Tallat y Llena, que la separa de las cuencas del Francolí e interior del Ebro, y al O., por la Sierra de Alcubierre, cuya otra vertiente da sus aguas a la cuenca media de este último. Tiene la cuenca del río Segre una extensión de 11,900 kilómetros cuadrados, alturas variables de 200 a 3 000 m y un régimen de lluvias muy desigual, sien-

do éstas escasas en la ribera, lo que hace necesario el riego artificial para llevar a buen término las cosechas.

El clima, extremado en general, muy frío en la zona alta, alcanza en la media temperaturas de -5° y 40° , siendo muy húmedo en los llanos de Urgel, lo que dificulta muchas veces la formación de los frutos, con los perjuicios consiguientes.

Los afluentes cuya importancia puede compararse con el mismo río son: el Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorzana y Cinca; siguen a éstos el Balira, Vansa, Carol, Riera Salada, Llobregós y Sió, existiendo otros muchos de secundario valor para el asunto que nos ocupa.

En el gráfico que acompaña estas notas vienen resumidos los aprovechamientos que existían en el río Segre y afluentes (dejando fuera el Noguera Pallaresa, Ribagorzana y Cinca) cuando la Confederación se ocupó del estudio de dicho río.

Dicho gráfico demuestra:

a) Que en el río Segre predomina el aprovechamiento de riegos sobre el industrial en proporción muy notable, hasta el punto de que el único aprovechamiento hidráulico importante, el de Serós, trabaja con aguas reguladas por embalses establecidos en el Noguera Pallaresa.

b) Que los riegos que adquieren relieve son los de Urgel, que alcanzan más del 75 por 100 de la totalidad de los del Segre.

c) Que existen tomas de riegos de relativa importancia en la parte alta del río y en el tercio inferior, quedando una zona media de más de 100 km, comprendida entre Seo de Urgel y la confluencia del Noguera Pallaresa, en que se limitan los riegos a pequeñas superficies. En dicho trayecto se encuentra la toma del canal de Urgel, pero su zona de riego corresponde al tramo inferior.

Dibujado el perfil del Segre, aparece claramente la separación de los tramos de juventud y madurez que confrontan hacia Seo de Urgel, faltándole, en cambio, el tramo senil.

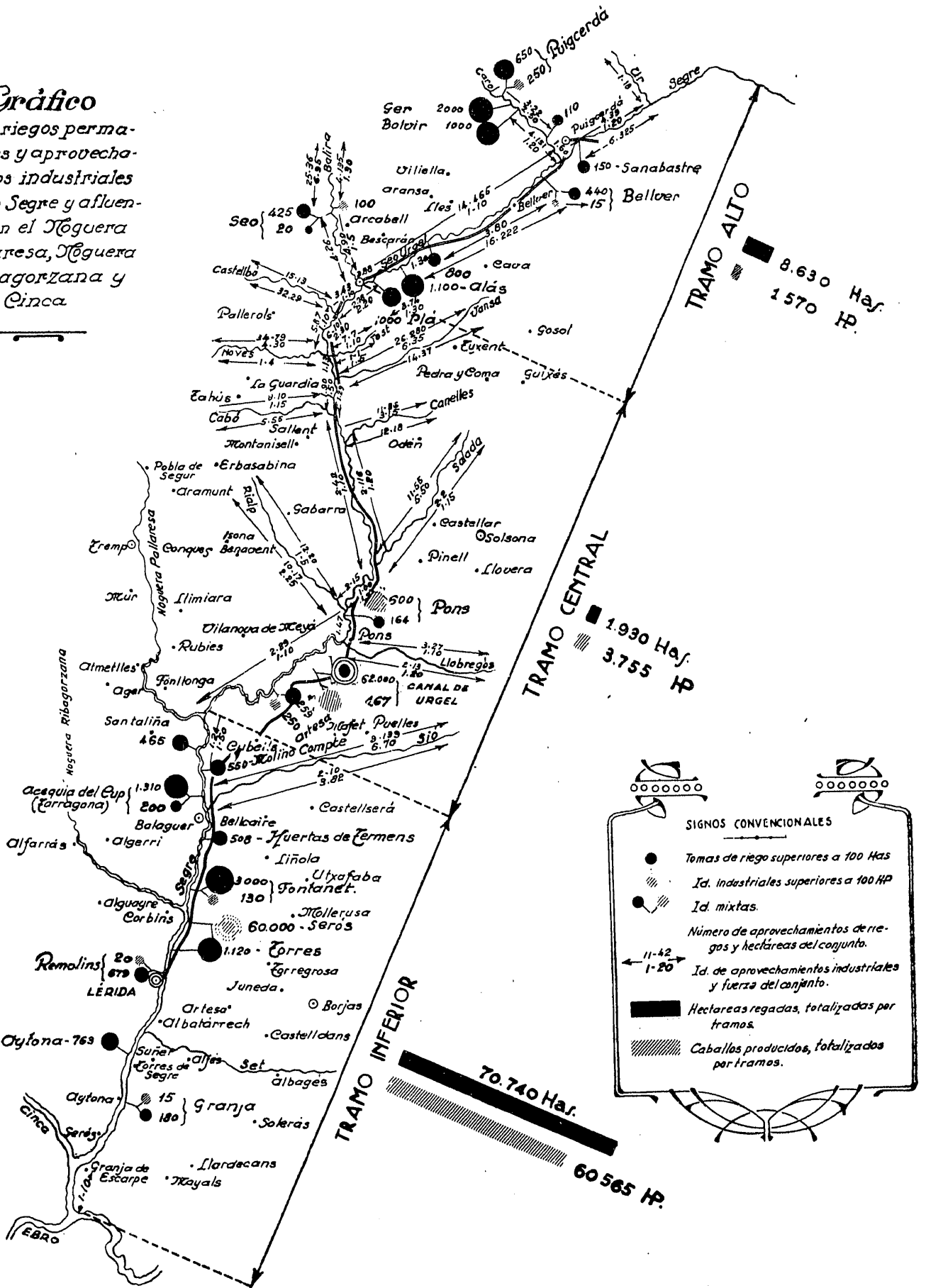
En el tramo alto o de juventud del río existen riegos de relativa importancia, que alcanzan una extensión de 8 630 hectáreas, fertilizándose principalmente prados naturales. En este tramo debiera predominar el aprovechamiento hidroeléctrico; pero las condiciones fisio y topográficas del valle no son comparables a las del Noguera Pallaresa y Cinca, para estos aprovechamientos, y a ello se debe, de modo muy principal, el retraso en la construcción de saltos en dicho tramo del Segre; no obstante, pueden construirse aprovechamientos industriales interesantes, algunos con embalses de cabecera que pueden coadyuvar a la obra de regulación total del régimen del río.

Existen en el origen del Segre lagos glaciares que alimentan sus primeros afluentes, siendo, entre ellos, el más importante el conocido de Lanoux, que desagua en el Carol; pero, situados en la nación vecina, han dificultado el aprovechamientos de saltos de gran

¹ Véase la REVISTA de 1.º de noviembre último, pág. 429.

Gráfico

de los riegos permanentes y aprovechamientos industriales del río Segre y afluentes, sin el Tóguera Pallaresa, Tóguera Ribagorzana y Cinca



altura, habiendo solicitado una Compañía francesa desviar las aguas de dicho lago hacia el Ariège, para crear un salto en aquella vertiente, que presenta mejores condiciones; petición que ha dado lugar a estudios muy interesantes y que ha encontrado la oposición de todos los usuarios del Segre.

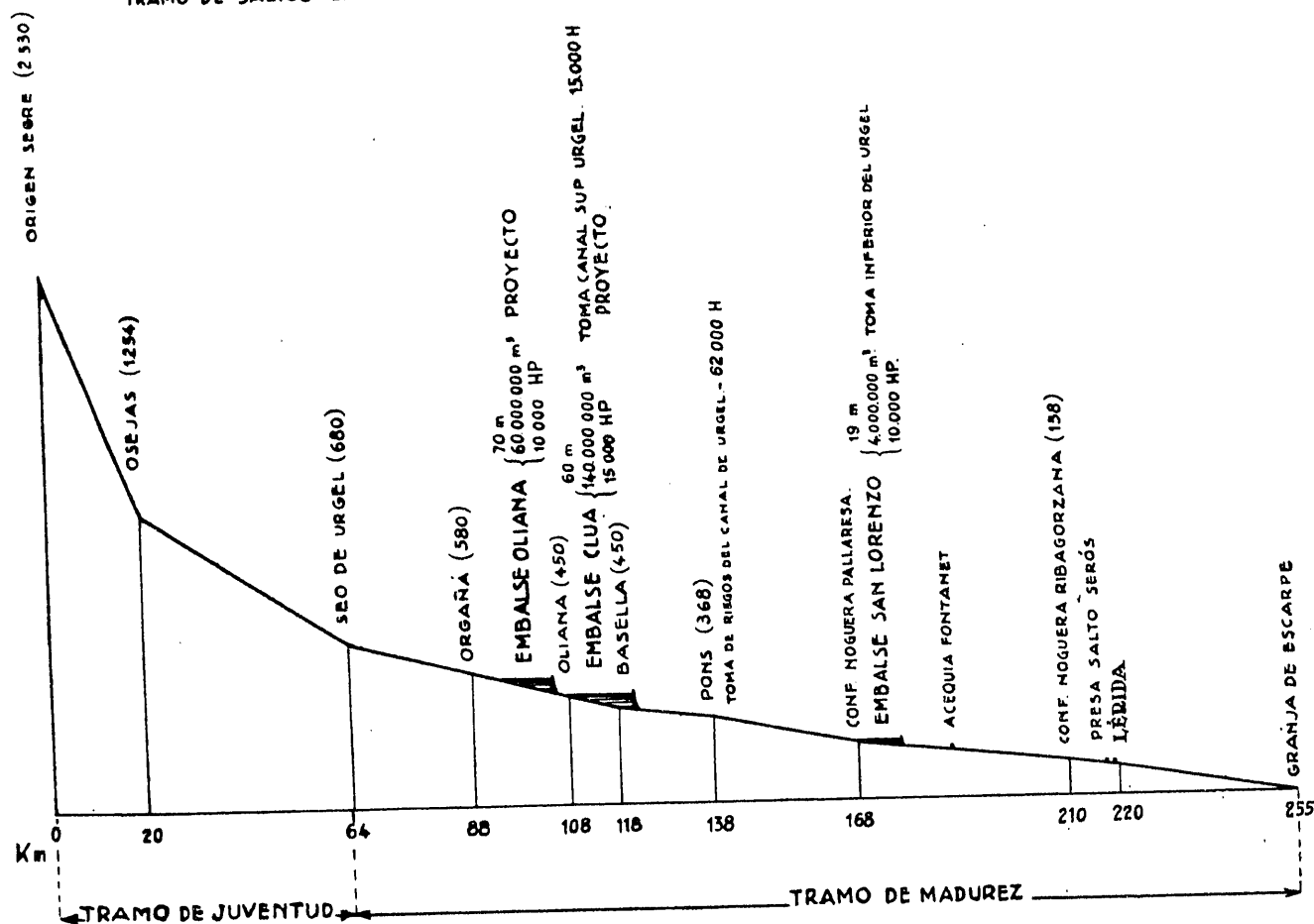
El tercio superior del tramo maduro del río se caracteriza, como ya hemos indicado, por su casi ausencia de aprovechamientos de clase alguna. La explicación de este hecho está, en cuanto a los riegos, por

vidar que la máxima importancia ha de atribuirse a la función agrícola, por estar en su zona propia, y que, por tanto, ha de adaptarse, a partir de esta zona, el régimen de circulación al de consumo.

En dicho trayecto del río había solicitados dos embalses para aprovechamientos hidráulicos: uno, de 70 millones de metros cúbicos, en Oliana, y otro, de 140, en Clúa; y en el afluente Vansa, otro de 60 millones. También existían peticiones para la construcción de saltos escalonados aguas abajo de la confluencia del

PERFIL DEL SEGRE

TRAMO DE SALTOS EN CONCESIÓN



ser zona en que el valle es angosto, en general, y el río queda situado muy profundo sobre el valle, en trayectos de gran longitud, dificultando las tomas de agua por las pequeñas superficies útiles para el cultivo, y, en cuanto a los aprovechamientos industriales, por razones análogas a las que se han dado para el tramo alto.

Esta parte del tramo medio, que acostumbra a ser la de transición del predominio del factor industrial al agrícola, y, por consiguiente, límite de la cuenca alimentadora del riego, se caracteriza en general en todos los ríos, y no es una excepción el Segre, por permitir la construcción de embalses reguladores donde se inician los grandes canales de riego, presas que deben aprovecharse para la construcción de saltos, haciendo entrar en juego el interés industrial, sin ol-

rio Vansa, con embalses de regulación diaria y semanal.

En el tercio central del tramo de madurez se encuentra la toma más importante de riegos, la del Canal de Urgel, que beneficia una extensión de 62.000 hectáreas, con una concesión de 33 m³ por segundo. Esta obra, construida sin regulación alguna, sólo permite desviar caudales de 20 m³, que el río no lleva durante las épocas de aguas bajas, por lo que resultan insuficientemente dotados en la actualidad dichos riegos. La zona de riego de este Canal empieza a los 24 km del origen, después de cruzar la sierra Monclar.

Aguas abajo de la toma del Canal de Urgel se encuentran las de las acequias de Cup, Gerp y Compte, que riegan 2.000 hectáreas del término de Balaguer;

la de Fontanet, que sirve tierras de Lérida, y otras menos importantes.

En este trayecto del río existían también las peticiones de concesión del aprovechamiento hidroeléctrico de San Lorenzo, con embalses de regulación semanal, y del canal auxiliar de los riegos de Urgel, para derivar 6 m³ de agua por segundo, para mejorar aquellos riegos.

Entre la confluencia del Noguera Ribagorçana con el Segre y el Ebro, último tercio del tramo de madurez, se explota el aprovechamiento de Serós, de 60 000 CV, 90 por 100 de la fuerza que se produce en el Segre, y que aprovecha la regulación de aguas del Noguera Pallaresa. Existen pequeños aprovechamientos de riego, con un total de 2 740 hectáreas.

La Confederación del Ebro, al enfocar el problema del aprovechamiento integral del Segre, se encontró, pues, con obras importantes realizadas en el río y con concesiones y problemas vivos en dicha cuenca que, al limitar la libertad para la formación del plan, imponían soluciones concretas a problemas parciales que, en este caso particular, coincidían con las mejores.

Si la Confederación hubiese tenido la zona del Segre libre de grandes obras de riego (Canal de Urgel) habría formado seguramente el plan de aprovechamientos de otra manera a la que hoy ha de resolverse el problema que nos ocupa, pues hubiera derivado un gran canal en el límite de la zona de preponderancia del factor agrícola que regara la actual zona de Urgel y la parte posible de la Segarra y Garrigas, y la regulación del régimen del río para hacer prácticamente posible este aprovechamiento hubiera conducido a embalses de atenuación, con importantes saltos de pie de presa, a los que habría podido aplicarse el principio de colaboración, con la coordinación de iniciativas e intereses y el reparto equitativo de beneficios y cargas. Dada la gran amplitud de zona de riego, y para aprovechar las aguas del Noguera Pallaresa, se habría estudiado igualmente la construcción de un canal auxiliar de dichos riegos que dividiera la zona.

Se habría evitado así la obra del actual Canal de Urgel, con importante economía sobre la solución que actualmente podría darse, y con ello parece quedar demostrada la necesidad de la existencia de una entidad que formule los planes de aprovechamiento de los ríos de una cuenca para alcanzar con ellos el máximo de utilidad con el mínimo esfuerzo, y disponga de recursos par acometerlos.

Pero esto, que hoy día podría considerarse como la mejor solución, por la posibilidad de coordinar intereses, y contando con la población y mercados que existen, imponiendo siempre un orden de preferencia en la construcción de las obras y atemperando la misma a las necesidades del momento, es evidente que en la época en que se construyó el Canal de Urgel hubiera sido una mala solución, pues no podía contarse entonces con la ayuda del interés industrial, y el proceso de formación de los regadíos es forzosamente lento, y el disponer en un momento de agua abundante para el riego de 80 000 hectáreas, sin brazos, sin pueblos, sin dinero y sin mercados suficientes, era poco menos que inútil, y no hubiera respondido en modo alguno a la utilización, no ya máxima, ni siquiera regular, de las aguas del río, siendo, en general, mucho más racional la solución de división

de los riegos, buscando la armonía entre la ejecución y utilización de cada obra parcial, que responda, no obstante, a un plan de conjunto.

La Confederación del Ebro, al empezar sus funciones, dedicó preferente atención al problema del Segre y, partiendo del estado de obras y concesiones, gestionó la realización de todo aquello que respondía al plan de máxima utilización social en dicha zona.

Por la importancia de la obra y por estar en tramitación un expediente de mejora de los riegos de Urgel se iniciaron desde el primer momento gestiones con las Sociedades Canal de Urgel y Riegos y Fuerza del Ebro, concesionarios de aprovechamientos industriales y de riego (éste en la zona de Urgel, y aquéllos en el tramo del Segre, donde debía derivarse el agua para dicho riego), para hacer posible inmediatamente la construcción de una obra de conjunto que respondiera a las necesidades de riego inaplazables en zona que se veía forzada a regar 62 000 hectáreas de tierras perfectamente preparadas, con caudales medios de estiajes de 12 m³ por segundo, y que alcanzan valores absolutos de 5 y 6 m³.

Esta obra cumple dos objetos fundamentales: servir de contraembalse del pantano de Camarasa, para evitar fluctuaciones diarias en el caudal de Segre que entorpezcan el uso de aprovechamientos inferiores, y ampliar en 8 m³ por segundo el caudal de que actualmente disfrutaban los riegos de Urgel; se produce, además, un salto de pie de presa de 10 000 CV.

La obra consiste en una presa móvil de 19 m de altura, continuada por un dique de tierra de 1 km de longitud, que cierra el valle; de esta presa sale un canal de 80 km de longitud y capacidad de 8 m³, que atraviesa la zona de Urgel por su tercio inferior aproximadamente. La regulación del caudal para esta derivación de riegos se produce con los embalses de Tremp y Camarasa, que la Sociedad Riegos y Fuerza del Ebro tiene construídos en el Noguera Pallaresa; de otro modo, los estiajes hubieran reducido notablemente la eficacia de la obra de riego. Se encargó la construcción de la presa y el aprovechamiento industrial a la S. A. Riegos y Fuerza del Ebro, concesionaria del mismo, y del canal de riego a la Confederación.

Empezada la construcción de estas obras siguió la Confederación el desarrollo del plan, dedicando primeramente su atención a completar la solución del problema de Urgel, y después a estudiar la ampliación posible de la zona de riego hasta el límite que los recursos del río, el aspecto económico y la topografía y condiciones físicas de los terrenos lo permitieran.

Han servido de base para estos estudios los tanteos realizados desde muy antiguo sobre un canal de riego de la Segarra y los recientes sobre las Garrigas, zonas de la provincia de Lérida, que lindan por el Oeste y Norte con las de Urgel, y formadas por tierras de buena calidad, plantadas de olivos mucha parte y cultivadas con diversos productos otras.

Como los actuales riegos del Segre absorben durante las épocas de mayor necesidad todo el caudal del río, y aun así queda insuficientemente dotada la zona de Urgel, sólo la acumulación de agua en las épocas abundantes permite la solución del problema.

Caben varias soluciones para resolver este problema, y hoy día están en estudio para determinar cuáles son las más convenientes: derivación de un canal

alto que lleve el agua para mejora de los riegos de Urgel y para la Segarra y Garrigas, entregando al Urgel el caudal que corresponde en el punto conveniente del actual Canal; ensanche del Canal de Urgel hasta la capacidad necesaria para la mejora de sus riegos y para las ampliaciones posibles, con elevaciones de agua en los puntos convenientes para el riego de tierra situadas más altas, etc. A todas las soluciones, como hemos indicado, les es común la construcción de embalses de regularización en el río Segre o afluentes para acumular el agua necesaria.

En estos estudios se han tenido en cuenta los diversos elementos que entran en juego: zona de preponderancia del factor agrícola en el río, volumen de agua que el régimen de circulación y aprovechamiento del río permite acumular, ubicación posible y conveniente de presas de embalse, caudales necesarios para el riego normal de Urgel, Segarra y Garrigas; situación de concesiones actuales, etc.

El resultado del estudio técnico lo podemos condensar en las siguientes conclusiones:

1.^a El límite de la preponderancia del factor agrícola puede señalarse en el trayecto del río situado en los alrededores del pueblo de Oliana, por donde pasa la curva de nivel 450 y el río tiene una pendiente media del 4,50 por 1 000.

2.^a Los caudales necesarios para el riego normal de la zona de Urgel y nuevas comarcas, que comprenden una extensión aproximada de 80 000 hectáreas, son: marzo, 16,538 m³ por segundo; abril, 29,568; mayo, 31,849; junio, 48,475; julio, 45,518; agosto, 46,305; septiembre, 25,175, y octubre a febrero, 14,500 m³ por segundo.

3.^a Las diferencias de caudales de aportación del río y de los de consumo de riego señalados en el párrafo anterior, teniendo en cuenta los 8 m³ del canal auxiliar, regulados ya por embalses del Noguera Pallaresa, señalan como capacidad necesaria de embalse las de 175 000 000 de metros cúbicos.

4.^a Los aprovechamientos industriales que hoy se

encuentran solicitados en ese tramo del río pueden hacerse compatibles con el de riego y permiten llegar a la cooperación de ambos intereses. Los aprovechamientos industriales más importantes hoy solicitados son: el de Clúa, en el Segre, con presa de 60 metros y embalse de unos 140 000 000 de metros cúbicos; el de Oliana, también en el Segre, presa de 70 metros y embalse de 70 000 000 de metros cúbicos, y Vansa, en el afluente del mismo nombre, con presa de 97 m y 60 000 000 de metros cúbicos de embalse.

La redacción de los proyectos de embalse mencionados, con el estudio del régimen de explotación de los mismos y cooperación de las entidades industriales que deseen aprovechar la fuerza, el estudio y redacción de los diversos proyectos de ampliación y mejora de los riegos de Urgel más arriba esbozados, para deducir de los resultados técnicos y económicos la manera más conveniente de resolver el problema, la formación del plan de obras de conjunto y la realización del mismo, teniendo en cuenta las disponibilidades, previo el acuerdo de todos los interesados en la participación que le corresponda a cada uno y forma de hacerla efectiva, y la terminación de las obras del canal auxiliar de los riegos de Urgel, que esperan con ansia los regantes de aquella zona, es la labor que queda por realizar a la Mancomunidad Hidrográfica del Ebro para dar cima a este importante problema del Segre, y con él, en lo esencial, al aprovechamiento integral del río, quedando después la sola misión de favorecer y regular la construcción de aprovechamientos hidráulicos, principalmente de cabecera, donde puedan proyectarse embalses de acaparamiento, así como las pequeñas ampliaciones posibles de riego, obras que habrán de ejecutarse siguiendo las normas establecidas o que se establezcan, con cooperaciones de todos los elementos interesados y siguiendo el ritmo que permitan las necesidades del mercado y la construcción de aprovechamientos en otras cuencas próximas.

Carlos VALMAÑA
Ingeniero de Caminos

Fotoelasticimetría

La fotoelasticidad reposa en la birrefringencia accidental de ciertos cuerpos cuando se les somete a esfuerzos ¹.

1 Para mejor inteligencia del artículo reunimos las siguientes nociones de Física:

Rayo de luz natural: vibraciones transversales del éter en todas direcciones; las ondas de propagación están contenidas en todos los planos que pasan por la recta que define geométricamente el rayo.

Rayo de luz polarizada: vibraciones transversales del éter en ciertas direcciones.

La *polarización* puede ser *rectilínea*: vibración en una sola dirección; las ondas de propagación estarán, por consiguiente, contenidas en el plano definido por el rayo y esta dirección (el perpendicular a éste se denomina *plano de polarización*). O *elíptica*: vibración según los diámetros de una elipse centrada en el rayo; éste puede considerarse integrado por dos polarizados rectilíneamente, según los ejes de la elipse. Caso particular es la *polarización circular* cuando la elipse degenera en circunferencia.

Birrefringencia: fenómeno de polarización elíptica de un rayo luminoso al atravesar ciertos cuerpos, que por esta causa se de-

Existe correlación entre dos fenómenos físicos, uno mecánico — estado de tensión interna del cuerpo — y otro óptico — birrefringencia accidental —.

nominan *birrefringentes*. También se aplica la palabra birrefringencia para denotar la propiedad correspondiente del cuerpo, que puede ser *natural o accidental*, y, en este último caso, a consecuencia de la aplicación de esfuerzos, que es la interesante para nosotros. Teniendo en cuenta lo que hemos dicho de la polarización elíptica, podemos considerar la birrefringencia como la descomposición de un rayo incidente en dos polarizados linealmente, que se propagan a distinta velocidad (ésta es proporcional a $\sqrt{E}$, según la ley de Newton) y en direcciones divergentes (teniendo en cuenta el fenómeno de la *refracción* que siempre tiene lugar al atravesar un medio, y que los dos rayos virtuales tienen distinto índice de refracción, proporcional a la velocidad de propagación respectiva).

En cuanto a sus propiedades ópticas, podemos establecer una primera clasificación de los cuerpos en *transparentes y opacos*. Los primeros se comportan de diferente modo con respecto a las vibraciones luminosas (y en general respecto a toda clase de vibraciones), según que estén constituidos por materia *isó-*