

Resultados obtenidos hasta la fecha con la regulación hidráulica en España

Por JOSE A. VICENS GOMEZ-TORTOSA
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

1. Breve reseña histórica.

La característica más acusada del régimen hidráulico de los ríos españoles es, probablemente, su extrema irregularidad; irregularidad que se manifiesta anualmente por la amplísima diferencia entre los caudales de estiaje y de avenidas, e interanualmente, por la notable dispersión de los valores de la aportación anual.

En consecuencia, sólo una fracción relativamente modesta de la aportación total de los ríos españoles tiene garantías de disponibilidad suficiente para que su aprovechamiento directo tenga interés económico. La utilización de las aportaciones restantes exige el previo aumento de sus garantías naturales de disponibilidad, mediante la construcción de embalses de regulación.

Esta necesidad se hizo patente en España ya desde tiempos remotos; y el hecho de que se presentara con caracteres mucho más acuciantes que en los países vecinos, explica que España se adelantase a ellos en la construcción de presas de embalse.

Las primeras de cuya construcción se tiene noticias ciertas, son las de Proserpina y Cornalvo, cerca de Mérida, que datan de la época romana, y todavía se encuentran en servicio. Se construyeron para regular el abastecimiento de aguas de la población.

De la Edad Media (siglos XIV y XV) proceden con seguridad las presas de Almansa y Elche, dedicadas a la regulación de caudales para riegos.

En el siglo XVI, durante el reinado de Felipe II, se construyeron también importantes presas de embalse, con destino a regadíos, de los cuales subsisten todavía los de Tibí y Relleu, en Alicante.

La construcción de obras hidráulicas sufre luego una paralización total, hasta finales del siglo XVIII; el reinado de Carlos III, en éste, como en los demás aspectos de la vida económica del país, es extraordinariamente fecundo, construyéndose durante él las presas de embalse de Puentes y de Valdeinferno.

Después de Carlos III, la construcción de obras hidráulicas se paraliza totalmente durante casi un siglo, volviendo a reanudarse a finales del siglo XIX con la construcción de la del Villar, sobre el Lozoya, para el abastecimiento de aguas de Madrid. A partir de este momento, ya no se interrumpe la construcción de embalses. A la terminación de la guerra civil, el ritmo de construcción se acelera no-

tablemente, registrándose durante los últimos años progresos realmente espectaculares.

2. Evolución de la capacidad de embalse disponible durante los últimos años.

La figura 1.^a representa la variación de la capacidad total de los embalses españoles a lo largo de los veinte últimos años. Se aprecia que durante este tiempo, la capacidad total se ha multiplicado

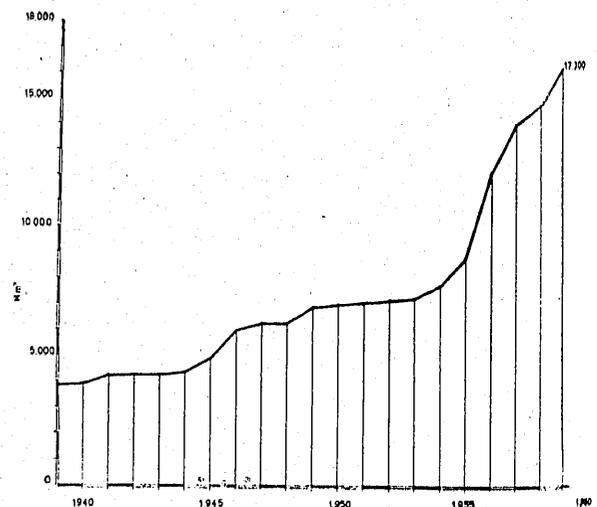


Fig. 1.^a — Crecimiento de la capacidad total de embalse disponible.

por el coeficiente 4,5, pasando de 3 900 Hm.³ en 1940, a 17 300 en 1960.

Este ritmo de construcción se mantiene en la actualidad, estimándose en unos 15 000 Hm.³ la capacidad de los pantanos actualmente en construcción, más o menos avanzada, pero que todavía no han entrado en servicio.

Del examen del citado gráfico se deduce que la entrada en servicio de nuevos embalses se ha intensificado notablemente a partir de 1954, puesto que en los últimos seis años se ha triplicado su capacidad. Sin embargo, hay que tener presente que los plazos requeridos para el proyecto, financiación y construcción de los grandes embalses, especialmente cuando se trata de planes estatales, suelen ser muy largos. Así, pues, los resultados ya obtenidos en la actualidad se deben al desarrollo de planes iniciados a partir de 1940, o muy poco después.

3. Distribución de los embalses por cuencas.

En la figura 2.ª se indica la división del territorio nacional, en las principales cuencas o zonas hidrográficas.

ciones de las zonas bajas, próximas a las desembocaduras de los ríos principales. No obstante, sólo el orden de magnitud de estas aportaciones, supone un dato interesante.

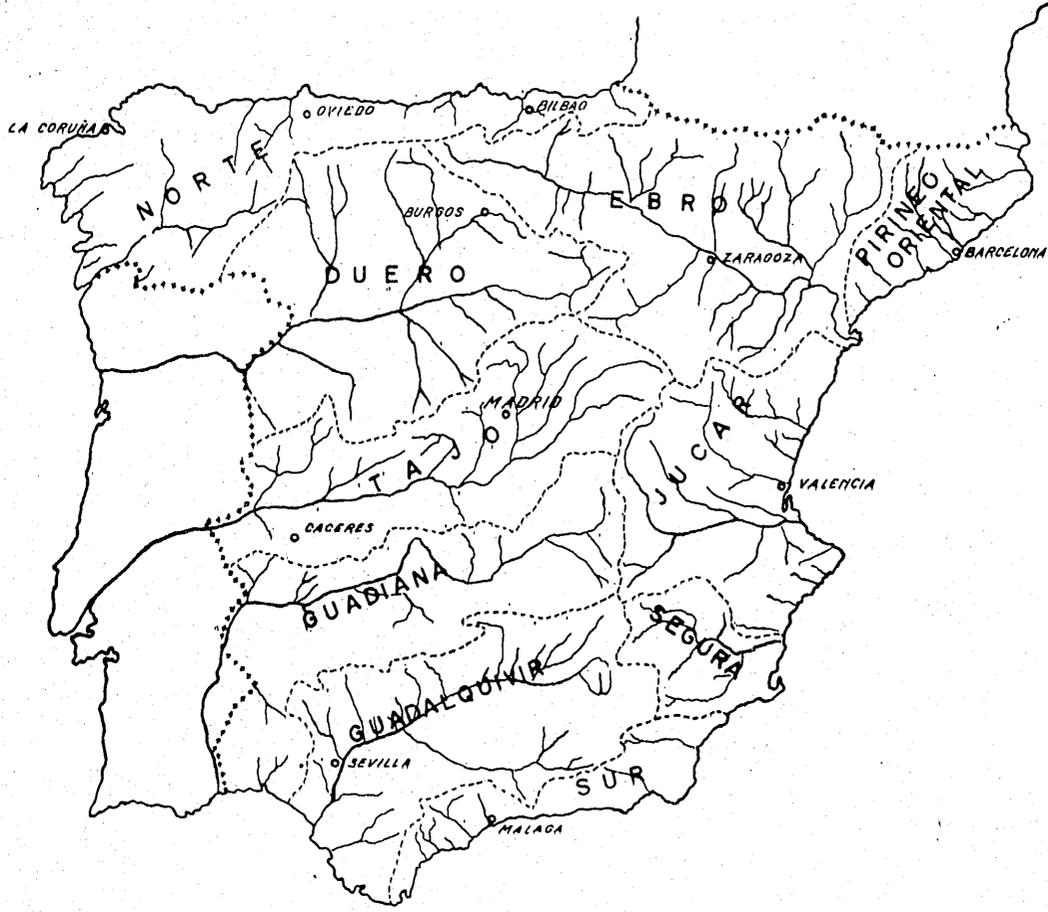


Fig. 2.ª — Mapa de las cuencas hidrográficas peninsulares.

drológicas, regidas cada una en el orden administrativo por una Confederación Hidrográfica.

A excepción de las zonas Norte, Sur, Júcar y Pirineo Oriental, que comprenden cada una de ellas varios ríos de menor importancia, aparte de uno principal, en las restantes, el territorio de la zona coincide con la cuenca de un solo río.

Damos a continuación las capacidades de embalse disponibles en cada zona, así como las aportaciones medias anuales, estimadas en la desembocadura de cada río o en el momento de abandonar el territorio nacional, incluyendo en ellas los volúmenes consumidos por los riegos. Ya se comprende que esta estimación es tan sólo una aproximación grosera, tanto por la incertidumbre con que las aportaciones medias pueden deducirse de los aforos, en ríos de régimen tan irregular, como por la falta de datos relativos a los cursos menores, y a las aporta-

CUENCAS	Extensión Km ²	Volumen total de embalses (Hm. ³)	Aportación total media estimada (Hm. ³)	Embalse
				Aportación (%)
Norte de España. . .	52 448	1 626	32 000	5,1
Duero.	77 235	2 696	12 000	22,4
Tajo	55 051	3 334	6 500	51,2
Guadiana	59 552	2 310	3 000	71,2
Guadalquivir	58 987	2 209	5 500	40,0
Sur de España. . . .	18 601	91	700	13,0
Segura	16 263	856	800	107,0
Júcar	42 801	1 453	4 500	32,2
Ebro	85 783	2 704	20 000	13,5
Pirineo Oriental. . .	16 980	34	3 000	1,2
TOTAL.	483 701	17 313	88 000	19,6

La capacidad total de embalse excede del 19 por 100 de las aportaciones totales de todos los ríos; proporción que, según acertadamente subraya Becerril, es probablemente superior a la de cualquier otro país europeo.

La mayor parte de los embalses se dedican a la regulación anual. Hay, sin embargo, hiperembalses de régimen interanual, que probablemente tampoco tienen parangón en Europa.

Los principales son los siete que a continuación se reseñan.

EMBALSE	RÍO	Volumen de embalse (Hm. ³)	Aportación media al embalse (Hm. ³)	Embalse Aportación (%)
Entrepeñas-Buendía	Tajo	2 400	1 450	160
Cijara	Guadiana	1 670	760	218
Tranco de Beas	Guadalquivir	500	330	152
Fuensanta-Cenajo	Segura	702	380	185
Alarcón	Júcar	1 112	800	139
Ébro	Ébro	540	350	155
	TOTAL	6 924	4 070	170

A los hiperembalses de regulación interanual, construídos en las cabeceras de los ríos más importantes, corresponde casi la mitad de la capacidad total de embalse disponible en todo el país, y su volumen equivale al 170 por 100 de las aportaciones medias por ellos reguladas. Su ciclo medio de explotación es, por consiguiente, muy largo, del orden de los cinco a los diez años, según los casos. Eso significa que, en promedio, sólo se llenan y se vacían totalmente una vez cada cinco-diez años.

El coeficiente de utilización de la parte superior de estos hiperembalses es muy bajo; en cambio, la garantía de regulación que suministran es elevadísima. Son, por consiguiente, obras de gran coste, pero indispensables en España, como elemento regulador de cabecera, especialmente donde los regadíos son capaces de consumir la aportación total del río.

Por lo que se refiere a los embalses de regulación anual, recordaremos que, según Becerril, los ríos españoles requieren un volumen de embalse anual regulador del orden del 30 por 100 de la aportación que se desea regular.

De los cuadros anteriores se deduce que para los ríos Júcar, Segura, Guadiana y Tajo, se dispone ya de capacidades de embalse suficientes para la regulación anual de los caudales, en todos los años de aportación no superior a la media, y asimismo, de un volumen de embalse interanual suficiente para

traspasar a los años deficitarios la mayor parte de los excedentes de los años abundantes.

En el Guadalquivir, la capacidad necesaria para la regulación anual se ha alcanzado ya, o está a punto de alcanzarse. En cambio, la capacidad de regulación interanual es todavía insuficiente.

En el Duero, y sobre todo en el Ebro, hay todavía importantes déficits de embalses, tanto anuales como interanuales; y aún son más acusados estos déficits en las cuencas del Norte y Sur de España, así como en la del Pirineo Oriental.

4. Contribución del Estado y de las empresas privadas a la construcción de embalses reguladores.

La construcción de embalses de regulación se ha llevado a cabo persiguiendo un doble objetivo: el aprovechamiento de los caudales para riegos, y la producción de energía eléctrica. Ambas finalidades son complementarias y compatibles, pero en cada caso particular, una de ellas predomina.

Los embalses cuyo interés es primordialmente hidroeléctrico, han sido proyectados y construídos en su mayor parte por las empresas eléctricas privadas. En cambio, los embalses cuyo efecto regulador tiene un interés primordialmente agrícola, han sido proyectados y construídos por el Estado, a través de los sucesivos Planes Nacionales de Obras Hidráulicas. En este grupo, ciertamente más importante que el anterior, se incluye la totalidad de los hiperembalses, o embalses para regulación interanual.

En muchos casos, el Estado y las empresas eléctricas han colaborado económicamente a la construcción de embalses utilizables simultáneamente para regadíos y producción de energía eléctrica. Esta colaboración ha revestido diversas modalidades, de las cuales citaremos las dos más extendidas.

En ciertos casos, el Estado y la empresa privada han sufragado, por partes iguales, el coste de la presa. La empresa eléctrica ha construído, además, a presas exclusivas expensas, la central de pie de presa. El Estado se ha reservado el derecho de fijar los programas de explotación futura, de acuerdo con las necesidades de los riegos, y las empresas eléctricas han adquirido el derecho de explotar, durante un cierto plazo, la central de pie de presa.

En otros casos, el Estado ha sufragado íntegramente el coste de las presas; las empresas eléctricas han construído tan sólo las centrales, pero pagan anualmente al Estado un cánón de explotación que contribuye de forma muy importante a la amortización de los gastos de construcción del embalse.

La colaboración entre el Estado y las empresas eléctricas privadas, se ha mostrado muy útil y fe-

cunda, habiendo contribuido en numerosos casos a acelerar la construcción de los embalses incluidos en el Plan Nacional, si bien sus modalidades han sido muy variables de unas zonas a otras.

En la zona Norte de España, el clima y el régimen de precipitaciones restan interés a los ragadíos, por cuya razón el Estado no ha construido en ella ningún embalse regulador. La totalidad de los existentes se debe al esfuerzo de las empresas eléctricas privadas.

En esta zona se encuentran algunas de las realizaciones técnicas más costosas e importantes del país, tales como las presas-bóveda del Eume (100 m. de altura desde cimientos, y 125 Hm.³ de capacidad), y de la Cohilla (93 m. y 12 Hm.³), y las presas de gravedad de Salime (116 m. y 266 Hm.³) y San Esteban (111 m. y 266 Hm.³), que son las más elevadas de España dentro de su tipo. Sin embargo, las capacidades de embalse no guardan proporción con las alturas, debido a lo desfavorable de la topografía, por ser todos los ríos en esta zona relativamente cortos, con fuertes pendientes y valles estrechos. El esfuerzo económico llevado a cabo por las empresas privadas, en orden a la regulación de caudales en esta zona, es muy superior al que a primera vista se deduce de la simple consideración de los volúmenes de embalse conseguidos.

En las cuencas del Duero y del Ebro, las empresas eléctricas han construido más de la mitad de los embalses. En las restantes zonas, predominan los embalses construidos por el Estado. Refiriéndonos a toda España, podemos dar la siguiente descomposición aproximada:

	Volumen (Hm. ³)	%
Embalses construidos por el Estado.	12 201	70
» » por las empresas eléctricas privadas. . .	4 121	24
» » en colaboración.	991	6
TOTAL.	17 313	100

5. Utilización de los caudales regulados.

Desde el punto de vista económico, la utilidad del sistema de embalses reguladores ya construido, puede medirse por su influencia sobre la producción de energía hidroeléctrica, y sobre la transformación de terrenos de secano en regadío.

En el gráfico núm. 3 se representan, simultáneamente, las producciones de energía eléctrica logradas durante los últimos treinta años, así como la capacidad total de almacenamiento de energía de los

embalses disponibles en cada año. Para la debida inteligencia de este gráfico, debe tenerse presente que, durante el período considerado, la demanda de energía eléctrica ha crecido de manera muy uniforme, a razón del 8,5 por 100 anual acumulativo, duplicándose cada ocho años. Por otra parte, en años

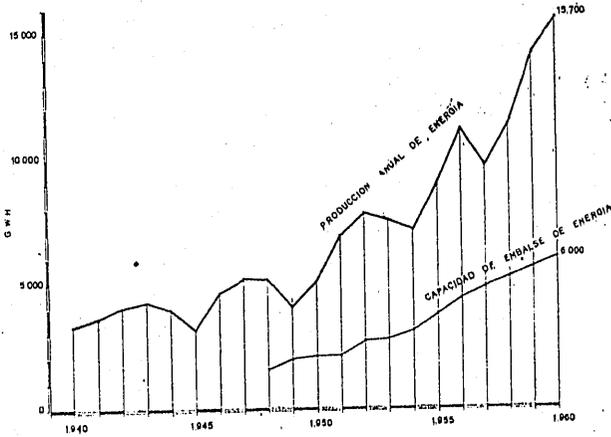


Fig. 3.ª — Producciones anuales y capacidades de embalse de energía hidráulica.

normales la producción hidráulica supone cerca del 80 por 100 de la producción total de la energía.

En el indicado gráfico, se aprecian las enormes fluctuaciones de la producción hidráulica, debidas a la alternancia de años secos y abundantes, dentro de la tendencia general al crecimiento. Se aprecia también que el valor *relativo* de estas fluctuaciones ha disminuido notablemente en los últimos años.

Debe tenerse presente que ninguno de los grandes hiperembalses de regulación interanual se llenó totalmente hasta el pasado año de 1960, cuya excepcional abundancia hizo posible que prácticamente todos los embalses del país llegaran a verter. Por ello, hasta el pasado año no se pudo contar con la plena capacidad de regulación del sistema, lo cual hace esperar que, en lo sucesivo, las fluctuaciones anuales en la producción de energía eléctrica se atenúen en forma aún más acusada.

La capacidad total de almacenamiento de energía de los embalses españoles es en la actualidad de 6 000 Gwh., en números redondos; ello viene a suponer un 40 por 100 de la producción anual de energía hidroeléctrica, porcentaje que, a nuestro juicio, tampoco se ha alcanzado todavía en ningún otro país de Europa.

La mejora de los regadíos ha sido también muy notable. En 1940 las hectáreas regables en todo el país se estimaban en 1.200.000, aproximadamente. Dos tercios de esta superficie estaban constituidos por los riegos tradicionales, anteriores al siglo XVIII, en los ríos Turia, Júcar, Segura, Genil y Ebro. El resto era consecuencia de las ampliaciones

nes y mejoras obtenidas en dichos regadíos tradicionales, así como de la creación de otros nuevos, por los planes del Estado, durante el siglo actual.

En la actualidad, la superficie total de regadío se estima en 1 750 000 Has., habiéndose registrado, por lo tanto, un aumento del 40 por 100 en sólo veinte años.

La transformación de secanos en regadíos prosigue ininterrumpidamente, al ritmo de 50 000 a 60 000 Has. por año, gracias a la regulación, previamente conseguida, de los caudales de los ríos.

6. Perspectivas para el futuro.

Hemos indicado que todavía hay en la actualidad embalses en construcción o próximos a iniciarse, con una capacidad total de 15 000 Hm.³. A esto deben añadirse otros 10 000 Hm.³, capacidad estimada de los embalses en estudio o en proyecto preliminar.

Podemos suponer, por lo tanto, que la actual capacidad total de los embalses españoles se habrá duplicado dentro de ocho o diez años, y será quizá dos veces y media superior a la actual dentro de unos veinte.

Alcanzadas estas cifras, pueden considerarse agotadas, al menos con los recursos actuales de la técnica, las posibilidades económicas de regulación de los ríos españoles.

La capacidad total de los embalses disponibles será entonces de 40 000 a 45 000 Hm.³, es decir, del orden del 50 por 100 de la aportación total de los ríos, aunque distribuidos de manera irregular.

De todas formas, la mayor parte de los grandes ríos, tales como el Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura, Júcar, Turia y Ebro, habrán alcanzado volúmenes de embalse suficientes para garantizar su regulación anual, y aprovechar del 80 al 90 por 100 de los excedentes interanuales, en los años abundantes, reservándolos para los escasos.

En algunos de los ríos, sin embargo, esta regulación no se conseguirá hasta muy cerca de la desembocadura, por la especial situación de los distintos embalses que constituyen el sistema regulador.

En el Miño y los demás ríos de vertiente cantábrica, no será posible alcanzar los volúmenes de embalse necesarios para la regulación interanual, ni siquiera, en muchos casos, para la regulación anual. Lo mismo sucederá en muchos de los ríos menores de la vertiente sur, y del Pirineo Oriental.

El problema de la regulación podrá, en consecuencia, considerarse resuelto para todo el país, salvo las excepciones antes indicadas. Sin embargo, por lo que se refiere a la zona Norte, habida cuenta de que los caudales no se utilizan intensivamente para riegos, sino casi exclusivamente para produc-

ción de energía, podrán aprovecharse casi íntegramente mediante una regulación diferencial, haciendo que la energía utilizable durante los períodos de aguas altas sustituya a las producciones de las centrales térmicas o las de pie de presa, especialmente las correspondientes a los hiperembalses, cuyo riesgo de vertido es remoto.

En esta línea de acción trabajan desde hace tiempo las empresas eléctricas, habiéndose multiplicado las líneas de interconexión entre los saltos del Norte y Noroeste y el Centro de España, así como los acuerdos de cooperación entre las centrales hidroeléctricas y térmicas.

Por lo que se refiere a los regadíos, con toda probabilidad irán desarrollándose al ritmo marcado por las disponibilidades de caudales regulados en cada cuenca, pues la disponibilidad de tierras irrigables en todas ellas es muy superior a la disponibilidad de caudales.

Tiempos atrás se estudió la posibilidad de trasvasar caudales de unas cuencas a otras, con destino a regadíos; concretamente de las cuencas atlánticas a las mediterráneas. No cabe duda que el clima mediterráneo se presta mejor a los cultivos intensivos de regadío que el de la meseta; y que la escasez de agua es más grave en la vertiente atlántica que en la mediterránea. Así se propusieron los trasvases de cabecera del Tajo al Júcar, combinado con un trasvase inferior del Júcar al Segura, para poner en regadío los campos de Alicante. Asimismo se propuso el trasvase en cabecera de los ríos Castil y Guardal al Almanzora, con objeto de regar el campo de Cartagena.

Todos estos proyectos exigen obras muy costosas, con largos canales y túneles para el cruce de divisorias; por lo que su utilidad económica aparece muy dudosa, toda vez que dentro de la propia cuenca de cada río existen terrenos susceptibles de transformación en regadío, a un coste mucho menor. Por otra parte, a medida que el tiempo pasa, los legítimos intereses creados al amparo de la situación actual, dificultan más y más la viabilidad de tales proyectos. Nuestra opinión es que sólo en casos excepcionales, con caudales trasvasados de pequeña importancia, y por razones de orden social más que económico, será aconsejable la construcción de alguno de estos trasvases de cabecera.

Mejores perspectivas tiene, en cambio, la posibilidad de trasvases en las cuencas bajas, toda vez que la regulación de algunos ríos se completará en puntos tan próximos a su desembocadura, que la disponibilidad de caudales será superior a la de terrenos irrigables a partir de dicho punto.

En tal caso, la solución no puede ser otra que la de construir elevaciones de agua, y canales de longitud suficiente para aprovechar íntegramente los caudales.

El primer precedente en España de este tipo de canales de riego, fué debido a la iniciativa privada. La Compañía de Riegos de Levante, durante los años 1920-1925, construyó el primer canal de riegos con elevación, para 7 m.³/seg., que partiendo de la desembocadura del río Segura en Guardamar, llegaba hasta Alicante, aprovechando así íntegramente la totalidad de los caudales sobrantes del Segura.

La construcción de los embalses de Mequinenza y Fayón, en el bajo Ebro, regulará los caudales del río en un punto muy próximo a su desembocadura. Se calcula que, después de atender a los riegos actuales en las zonas del delta, así como a sus posibles ampliaciones, quedará disponible un caudal regulado de 60 a 80 m.³/seg. Para utilizarlo, se proyecta construir dos canales, que partiendo de cada una de las márgenes, pongan en regadío 60 000 hectáreas de la provincia de Castellón y 37 000 en la de Tarragona. Estos canales requerirán elevaciones de agua del orden de los 200 m., y constituirán en su día una de las obras hidráulicas de mayor importancia entre las construídas en España.

7. Resumen.

Lo expuesto en los párrafos anteriores puede dar una idea de la ingente labor realizada en España durante los últimos años, en orden a la regulación de los ríos.

Los embalses actualmente disponibles totalizan una capacidad de 17 300 Hm.³, y permiten almacenar 6 000 Gwh. de energía eléctrica, lo que supone el 19 por 100 de la producción total de los ríos, y el 40 por 100 de la producción anual media de energía.

Aproximadamente el 60 por 100 de esta capacidad de regulación corresponde a embalse ordinario, con ciclo anual de explotación. Un 40 por 100 corresponde a grandes hiperembalses, con ciclo de explotación de cinco a diez años. Tales hiperembal-

ses, poco frecuentes en el resto de Europa, son indispensables en España, debido a la enorme variabilidad de las aportaciones anuales.

A pesar de esta elevada proporción de la capacidad de embalse, en relación con la aportación de los ríos, todavía resulta insuficiente. Las obras y proyectos en ejecución y en estudio permitirán duplicarla en el plazo de unos diez años, y casi triplicarla en el plazo de unos veinte. Para entonces, podrá garantizarse el aprovechamiento del 80 al 90 por 100 de las aportaciones de los ríos españoles en riegos y producción de energía, si bien a costa de un ingente esfuerzo económico, requerido para vencer la enorme irregularidad de su régimen hidrológico natural.

La región N.-NO. de España será, en todo caso, deficitaria en volumen de regulación, por no disponer en ella de emplazamientos adecuados para la construcción de grandes embalses. Sin embargo, dado que los riegos son allí poco importantes, los caudales podrán aprovecharse para la producción de energía eléctrica, a pesar de su regulación sólo parcial, mediante su interconexión con otras centrales térmicas e hidráulicas, interconexión ya casi totalmente llevada a cabo.

La transformación de secano en regadío prosigue al ritmo de 50 000 a 60 000 Has. anuales, y es sin duda alguna el fruto más importante obtenido de la regulación de caudales. En la cuenca de cada río hay terreno de secano disponible para su transformación en regadío, en exceso sobre las disponibilidades de caudales regulados. Por tal motivo, los trasvases de caudales de una cuenca a otra no son necesarios. Se exceptúa, sin embargo, el aprovechamiento de los caudales cuya regulación se obtiene en las proximidades de la desembocadura de los ríos. La utilización de estos caudales exigirá la construcción de largos canales, con elevaciones de agua, cuya zona regable incluirá las cuencas bajas de los ríos vecinos. De este tipo serán los proyectados riegos del Bajo Ebro, que en su día han de constituir una de las obras hidráulicas más importantes de España.