

LOS EMBALSES ESPAÑOLES. UN FACTOR ESENCIAL DEL DESARROLLO DEL PAIS

COLEGIO INGENIEROS DE CAMINOS
BIBLIOTECA

Dr. Ing. C. C. P. M. GOMEZ DE PABLOS
VICEPRESIDENTE EX OFFICIO

1. INTRODUCCION

Para los casi treinta y seis millones de personas que pueblan nuestro país, los 106.000 Hm³/año de recursos naturales de agua suponen una cantidad tranquilizadora. Algo más de 8.200 litros por habitante y día, es decir, unos 3.000 m³ por habitante y año.

Sin embargo, como muy acertadamente ha señalado en diversas ocasiones el Excmo. Sr. Ministro de Obras Públicas, D. Gonzalo Fernández de la Mora, para poder disponer de una parte sustancial de este volumen medio de agua es necesario corregir dos graves deficiencias o irregularidades hidráulicas que presenta nuestra hidrografía y que significan otros tantos retos a nuestro desarrollo.

En primer lugar está la irregularidad en el tiempo: nuestros ríos no son propiamente ríos, sino torrentes, producto de un régimen de lluvias muy desigual no sólo a lo largo del año, sino también de unos años a otros. Las posibilidades prácticas de agua dependen de la capacidad de embalse que en cada momento exista disponible para acomodar los irregulares regímenes naturales a las demandas, y puede afirmarse, por tanto, que la economía hidráulica española depende esencialmente de sus embalses reguladores.

En segundo lugar está la irregularidad en el espacio: el 75 por 100 de nuestros recursos naturales vierten al Atlántico, y sólo un 25 por 100, al Mediterráneo.

Estos dos retos de la Naturaleza han condicionado y condicionan nuestra política hidráulica.

La labor realizada en España para "domar" nuestros ríos puede calificarse de gigantesca. Hoy disponemos de más de 670 presas con una capacidad total de embalse superior a los 37.000 Hm³, cuando hace treinta años esta capacidad era escasamente de 4.000 Hm³, es decir, que prácticamente se ha multiplicado por diez en este corto período de tiempo, lo que ha situado a nuestro país en el tercer lugar del mundo por el número de grandes presas construidas.

2. EVOLUCION DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA

Consciente de la necesidad de evaluar nuestras disponibilidades actuales y potenciales de la forma más

aproximada posible, para plantear la planificación futura, la Dirección General de Obras Hidráulicas inició hace ya algunos años, y ha terminado recientemente el inventario de recursos hidráulicos superficiales. Gracias a la moderna sistemática establecida para la evaluación de los recursos regulables, a base de ordenadores electrónicos, ha sido posible calcular la evolución de las disponibilidades a través del tiempo, cuyos resultados por cuencas hidrográficas para cada uno de los años considerados se reseñan en el cuadro 1 y se reflejan globalmente para todo el país en el gráfico 1. Desde 1971 hacia atrás, es historia, y hacia adelante, es previsión. Se ha supuesto que los embalses actualmente en construcción se encontrarán todos en servicio hacia 1975 y que los embalses en proyecto o estudio estén realizados para fin de siglo. Las disponibilidades reguladas se han estimado para dos regímenes de demandas: a caudal uniforme, representativo de abastecimientos domésticos e industriales y de energía hidroeléctrica, y a caudal estacional variable, que refleja la de usos agrícolas.

La necesidad de embalses reguladores para el país es evidente. Nuestros recursos naturales disponibles sin regular (unos 6.700 Hm³/año para el caso más favorable de demanda a caudal constante) no suponen nada más que un 6 por 100 aproximadamente de los recursos brutos, cifra realmente insignificante, que da idea de la tremenda irregularidad de los ríos españoles a que antes aludíamos.

El despegue, realmente espectacular, de las disponibilidades se inicia en la década de los años 1950, y actualmente estamos alcanzando el límite del rendimiento óptimo global de la regulación masiva. A partir de ahora la productividad de nuestros embalses en cuanto a volumen regulado, se reduce a la mitad aproximadamente de la que veníamos disfrutando.

Esto no tiene nada de extraño, pues el aprovechamiento de los recursos naturales resulta cada vez más difícil y costoso, a medida que se avanza en el proceso de su utilización integral. Tal es el caso, por ejemplo, de la explotación de los recursos minerales no renovables y, con mayor razón, el de los recursos hidráulicos, sobre todo en nuestro país, donde la irregularidad a que hemos aludido conduce a capacidades de embalse cada vez más elevadas para aprovechar de forma regular aportaciones que se presentan únicamente en años húmedos

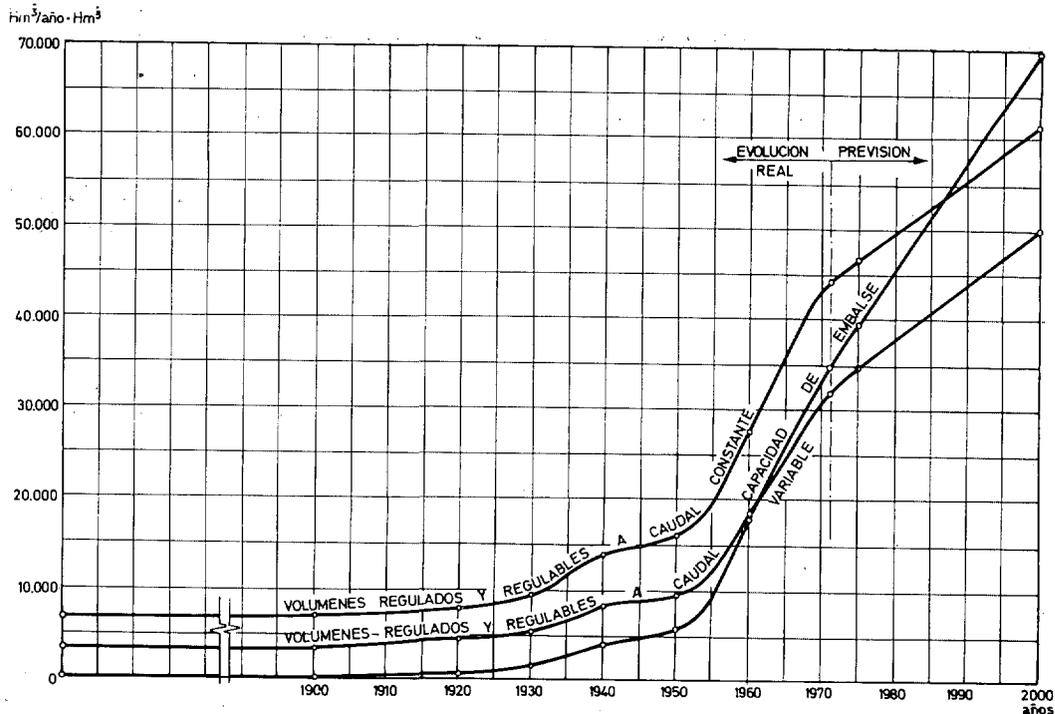


Gráfico 1. — Evolución y previsión de los volúmenes regulados y regulables y de la capacidad de embalse.

con frecuencia progresivamente decreciente. Sin embargo, a pesar de esta lógica reducción del rendimiento de la regulación, todavía nos encontramos en índices marginales globales muy razonables desde el punto de vista cuantitativo, resultando la fuente de recursos superficiales todavía sin regular más económica y atractiva de cuantas posibilidades se nos ofrecen para atender las futuras demandas. Es preciso, por lo tanto, que sigamos prestando una atención muy especial a la construcción de embalses reguladores para poder suministrar este elemento tan esencial para el desarrollo, aun cuando cara al futuro resulte doblemente costoso que hasta el presente.

Resulta muy destacable la labor realizada en las dos últimas décadas. En este corto lapso de tiempo hemos aumentado nuestra capacidad de embalse en más de cinco veces la que se desarrolló en los mil novecientos cincuenta años de historia que le precedieron, e incrementando la disponibilidad en casi dos veces.

En esta gigantesca labor ha tenido una participación muy notable el sector energético, a través de las concesiones otorgadas por el Estado. De la capacidad de embalse existente en 1971, algo más de un 40 por 100 se había construido a costa de la energía hidroeléctrica. Teniendo en cuenta exclusivamente las cuencas o tramos más representativos de producción hidroeléctrica (norte de España: tramos inferiores de los ríos Esla, Tormes y Duero; tramos medio e inferior del Tajo y tramo

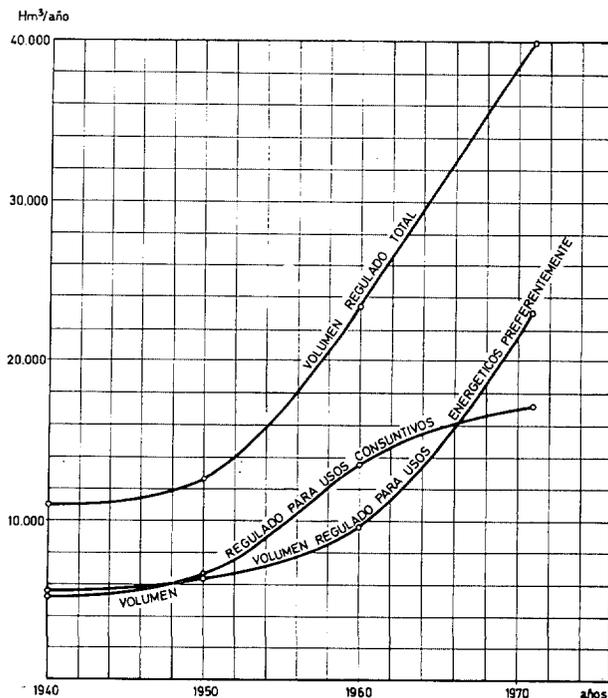


Gráfico 2. — Evolución de los volúmenes regulados para los diferentes usos.

inferior del Ebro) se han desglosado con ellos el volumen regulado a caudal constante, estimando como más representativo del resto de la regulación la conseguida con régimen variable (cuadro 2). En el gráfico 2 se representan los resultados globales obtenidos, que ponen de manifiesto la importancia de la regulación hidroeléctrica, dentro del cómputo total de disponibilidades. Aun cuando la capacidad de embalse en los tramos hidroeléctricos considerados resulta inferior a la del resto del país en los momentos actuales, el volumen regulado es superior (casi un 60 por 100 del total), lo cual no es de extrañar, pues los embalses están situados en zonas de buena hidrología (norte de España) o en los tramos más caudalosos de los principales ríos (Ebro, Duero y Tajo). Los volúmenes regulados totales que resultan para las fechas consideradas resultan cifras intermedias entre las globales obtenidas para los dos tipos de demanda contempladas.

3. EVOLUCION DE LAS DEMANDAS Y CONSUMOS EN USOS CONSUNTIVOS

La estadística disponible en materia de demandas y consumos para abastecimientos y regadíos a lo largo de los últimos treinta años, no es lo suficientemente precisa para que los datos que consignemos puedan considerarse inamovibles. Sin embargo, a los efectos de dar una visión global de la acomodación de las disponibilidades a los consumos, resultan totalmente significativos.

3.1. Regadíos.

La evolución de los regadíos afectados por obras del Estado se conoce con suficiente aproximación, desde principios de siglo. Sin embargo, en esas fechas la superficie regable transformada por la iniciativa privada superaba ya el millón de hectáreas, producto de una larga tradición histórica española en el aprovechamiento de las aguas. La estadística de estos regadíos privados es la que tiene menor precisión, y dentro de ellos, las superficies transformadas con aguas subterráneas o subálveas a través de pozos.

En 1942 la superficie total regable del país se evalúa en 1.500.000 Ha, de las que solamente unas 450.000 Ha estaban afectadas por obras del Estado. A finales de 1971 la superficie regable totaliza 2.565.000 Has de las que 550.000 Has corresponden a riegos por pozos y 1.655.000 hectáreas a regadíos afectados por obras del Estado, incluyendo esta última cifra los regadíos puestos en explotación por la iniciativa privada y que han sido mejorados por la actuación estatal.

A los efectos comparativos con las disponibilidades, estimadas únicamente en su vertiente de recursos superficiales, puede establecerse que los regadíos abastecidos con los recursos circulantes por los ríos han sufrido la siguiente evolución:

AÑO	1942	1952	1962	1972
Superficie (Ha).	1.100.000	1.250.000	1.500.000	2.000.000
Demanda (Hm ³ /año) ...	11.000	12.300	14.300	18.600
Consumo (Hm ³ /año) ...	8.800	9.850	11.450	14.900

3.2. Abastecimientos.

El Plan Nacional de Abastecimientos y Saneamientos, redactado la pasada década por la Dirección General de Obras Hidráulicas, incluye datos suficientes a partir de 1960, y resulta relativamente sencillo extrapolar hasta 1940 los valores de demandas y consumos disponiendo de la evolución de la población. Con el mismo carácter de aproximación que el estimar la evolución de los sistemas de riego abastecidos con recursos hidráulicos superficiales, puede establecerse la evolución de las demandas de abastecimientos de la siguiente forma:

AÑO	1942	1952	1962	1972
Población (millones habit.) ...	26,0	28,5	31,0	35,0
Demanda (Hm ³ /año) ...	1.600	1.850	2.100	3.200
Consumo (Hm ³ /año) ...	400	450	500	800

4. CONTRASTE ENTRE DISPONIBILIDADES Y CONSUMOS EN USOS CONSUNTIVOS

En el gráfico 3 se han representado, por un lado, las disponibilidades anteriormente estimadas para usos consuntivos y, por otro, los consumos totales que estos últimos representan. Puede observarse que en la década de los años 1940, la garantía del suministro fue reducida, pues en años secos las demandas superaban en un 70 por 100 a las disponibilidades. Solamente a mediados de la década de los años 1950 se equilibró la oferta con la demanda, disponiéndose actualmente de una cobertura moderada (un 10 por 100), nada excesiva, sino más bien estricta.

Resulta satisfactorio resaltar que la política hidráulica seguida por el Estado en materia de regulación ha sido la adecuada, proporcionando de forma gradual y sin excesos los incrementos de disponibilidades que el país precisaba para atender las demandas en usos consuntivos.

vos. Por un lado, se han asegurado las dotaciones de las amplias zonas de regadío transformadas a lo largo de su historia, logrando de esta forma el desarrollo de una agricultura intensiva donde existían únicamente regadíos precarios y eventuales que no permitían nada más que cultivos extensivos. Por otro lado, se han ido obteniendo los caudales necesarios para atender tanto los nuevos regadíos que, paralelamente, se han desarrollado, como las crecientes demandas de usos domésticos e industriales.

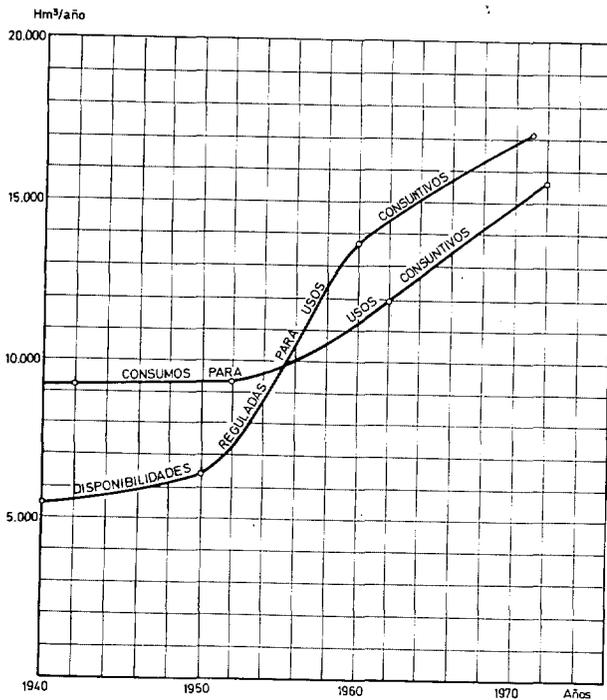


Gráfico 3. — Evolución de las disponibilidades y demandas para usos consuntivos.

La situación actual indica, sin lugar a dudas, que es preciso continuar con ímpetu análogo al de las dos últimas décadas la tarea de regulación que queda por realizar para satisfacer los incrementos de demanda en usos consuntivos que se prevén para el futuro, sobre todo en la vertiente de abastecimientos domésticos e industriales, y las necesidades ecológicas, pues como hemos visto al desglosar las disponibilidades energéticas, no puede decirse que hoy dispongamos de una regulación exagerada para nuestras demandas como podría desprenderse de la simple comparación entre los volúmenes regulados totales y las demandas globales en usos consuntivos.

5. LA ENERGIA HIDROELECTRICA

Una vertiente muy importante del aprovechamiento de los recursos hidráulicos es el desarrollo del potencial energético. La accidentada topografía española ha sido

un factor favorable que ha facilitado este desarrollo, y nuestro país cuenta con una gran tradición hidroeléctrica. En 1940 la energía origen hidráulico representaba más del 90 por 100 de la total del país, habiendo ido decreciendo este porcentaje paulatinamente, pasando en los momentos presentes a suponer un 50 por 100 aproximadamente. La evolución de la producción hidroeléctrica en nuestro país tiene un paralelismo casi matemático con la capacidad de embalse disponible. En el gráfico 4 se ha representado la curva media de la productividad hidroeléctrica desde 1940 hasta nuestros días y la correspondiente a la capacidad total de embalse del país, y puede decirse con bastante aproximación que cada metro cúbico embalsado ha supuesto 1 KWh producido.

El potencial lineal bruto estimado en el inventario de recursos hidráulicos asciende a unos 150.000 GWh por año. Los estudios realizados por la Jefatura de Servicios Eléctricos de la Dirección General de Obras Hi-

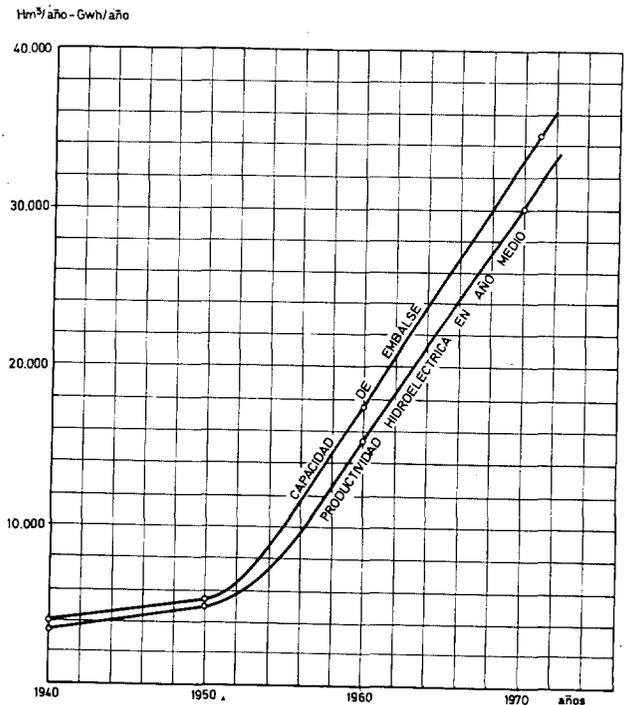


Gráfico 4. — Evolución de la capacidad de embalse y de la productividad hidroeléctrica media.

dráulicas sitúan el potencial útil desarrollable en unos 60.000 GWh por año, es decir, un 40 por 100 del potencial bruto. Hasta el momento presente se ha desarrollado aproximadamente el 55 por 100 del potencial útil estimado, por lo que no puede decirse que los recursos hidroeléctricos estén prácticamente agotados, si bien los que faltan por desarrollar son los menos económicos, como se desprende de que el índice de rendimiento marginal de productividad energética respecto a la capacidad de embalse desciende cara al futuro, al ser

precisos 70.000 Hm³ para una producción de 60.000 GWh por año.

Sin embargo, la producción hidroeléctrica será siempre necesaria para proveer el consumo energético de más alta calidad (las puntas de la demanda), y las modernas técnicas de reversibilidad permitirán incrementar el potencial útil tradicional estimado, y es probable que en el futuro pueda contarse con un rendimiento energético por metro cúbico de embalse análogo al que se ha venido disfrutando hasta ahora.

Por tanto, el potencial hidroeléctrico útil estimado se desarrollará, sin lugar a dudas, aunque a velocidad más moderada que hasta ahora, pues deberá atender sólo una parte de la demanda energética (puntas de carga) y, lógicamente, deberá atemperarse en gran medida a la construcción de aprovechamientos para usos consuntivos principalmente. Sin embargo, existen factores que pueden activar este desarrollo potencial de forma importante, tales como el hecho de que la energía hidroeléctrica no produce desventajas externas ambientales, tales como la contaminación atmosférica o térmica, y que es un recurso energético propio que no depende de fuentes exteriores como el petróleo ni produce salidas de divisas.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, contemplamos el sector energético como muy prometedor en el aprovechamiento futuro de los recursos hidráulicos de nuestro país.

No hay que olvidar tampoco el trascendental papel que el agua juega en los procesos de refrigeración de las centrales térmicas, y en este sentido son los embalses la fuente principal de refrigeración de la potencia instalable en el interior del país.

6. CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de las líneas precedentes hemos querido resaltar la importancia que para nuestro país tienen los embalses reguladores y su extraordinaria influencia en el desarrollo de los últimos treinta años.

Por otra parte, es forzoso reconocer que los embalses constituyen la obra hidráulica por excelencia y son verdaderos creadores de medios ambientales. Aun reconociendo que el problema ambiental del embalse es una gran cuestión, no siempre debidamente considerada y no siempre vacía de sorpresas importantes, yo creo que, globalmente, la influencia sobre el ambiente de los embalses —cuando menos por lo que se refiere a nuestro país— es decididamente beneficiosa.

Por todo ello considero que la política de embalses debe continuar desarrollándose en el país como una respuesta acertada, enérgica y providente a uno de los "retos" más infraestructurales con que, desde siempre, se ha enfrentado España.

CUADRO 1. — Evolución y previsión de los volúmenes regulados y regulables.

Cuenca	Aportación Hm ³ /año	Regulación natural			Año 1900			Año 1920			Año 1930		
		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)	
			Régimen uniforme	Régimen variable									
Norte ...	37.120	—	2.269	856	—	2.269	856	—	2.269	856	13	2.282	869
Duero ...	25.860	—	783	333	—	783	333	—	783	333	80	924	445
Tajo ...	10.185	—	329	124	27	409	166	73	471	218	281	695	417
Guad. ...	5.048	—	3	1	8	4	3	44	35	29	44	35	28
Guadalq. ...	9.172	—	533	253	—	533	253	76	609	315	315	1.024	576
Sur ...	2.236	—	52	21	—	52	21	—	52	21	49	108	65
Segura ...	955	—	130	56	37	148	73	106	234	139	113	236	142
Júcar ...	3.784	—	515	243	4	519	246	4	519	246	50	623	301
Ebro ...	18.842	—	1.968	1.393	1	1.980	1.397	393	2.792	2.134	600	3.220	2.397
Pir. O. ...	2.531	—	130	130	—	130	130	3	135	135	9	138	138
Totales...	105.823	—	6.712	3.410	77	6.827	3.478	699	7.899	4.426	1.554	9.285	5.378

Cuenca	Aportación Hm ³ /año	Año 1940			Año 1950			Año 1960		
		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)	
			Régimen uniforme	Régimen variable		Régimen uniforme	Régimen variable		Régimen uniforme	Régimen variable
Norte	37.120	138	2.781	1.027	237	3.069	1.165	1.730	6.425	3.128
Duero	15.580	1.365	3.906	2.154	1.626	4.534	2.487	2.826	6.166	3.849
Tajo	10.185	334	785	476	388	1.035	601	4.175	3.310	2.726
Guadiana ...	5.048	44	35	28	44	35	29	1.604	817	720
Guadalq. ...	9.172	786	1.306	842	1.773	1.892	1.340	2.158	2.451	1.650
Sur	2.236	49	108	65	135	150	104	135	150	104
Segura	955	336	455	354	336	455	354	851	617	539
Júcar	3.784	51	635	305	52	652	315	1.412	1.447	1.032
Ebro	18.842	827	3.705	2.695	883	3.907	2.793	2.700	5.948	4.740
Pirineo O. ...	2.531	10	139	139	10	139	139	34	182	171
Totales	105.823	3.940	13.855	8.085	5.484	15.868	9.327	17.625	27.513	18.659

Cuenca	Aportación Hm ³ /año	Año 1971			Año 1975			Año 2000		
		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)		Capacidad embalse Hm ³	Volumen regulado (Hm ³ /año)	
			Régimen uniforme	Régimen variable		Régimen uniforme	Régimen variable		Régimen uniforme	Régimen variable
Norte	37.120	3.087	9.057	4.783	3.951	9.754	5.323	9.108	15.461	10.379
Duero	15.860	6.234	8.032	5.814	7.065	8.369	6.336	11.550	10.383	8.704
Tajo	10.185	9.137	6.958	6.078	9.837	7.079	6.262	15.345	8.420	7.679
Guadiana ...	5.048	3.072	1.430	1.311	3.129	1.437	1.319	8.233	2.729	2.584
Guadalq. ...	9.172	4.472	3.542	2.817	4.700	3.643	2.965	7.926	4.902	4.313
Sur	2.236	223	209	160	612	402	354	1.615	1.082	982
Segura	955	883	629	551	883	629	551	1.153	758	721
Júcar	3.784	1.653	1.759	1.256	2.702	2.273	1.855	4.058	2.635	2.404
Ebro	18.842	5.390	11.857	8.549	5.877	12.209	9.007	9.435	13.734	11.137
Pirineo O. ...	2.531	509	689	607	509	689	607	1.315	1.150	1.087
Totales	105.823	34.660	44.162	31.926	39.265	46.484	34.582	59.738	61.254	49.990

CUADRO 2. — Volúmenes regulados para los diversos usos.

Cuenca	Año 1940 Volúmenes regulados (Hm ³ /año)			Año 1950 Volúmenes regulados (Hm ³ /año)			Año 1960 Volúmenes regulados (Hm ³ /año)			Año 1971 Volúmenes regulados (Hm ³ /año)		
	Energía	Usos con- suntivos	Total									
Norte	2.740	30	2.770	3.025	30	3.055	5.920	375	6.295	8.720	345	9.065
Duero	2.850	545	3.395	3.285	723	4.008	3.840	1.635	5.475	5.835	1.695	7.530
Tajo	—	476	476	—	601	601	—	2.726	2.726	3.380	2.890	6.270
Guadiana	—	28	28	—	29	29	—	720	720	—	1.311	1.311
Guadalquivir	—	842	842	—	1.340	1.340	—	1.650	1.650	—	2.817	2.817
Sur	—	65	65	—	104	104	—	104	104	—	160	160
Segura	—	354	354	—	354	354	—	539	539	—	551	551
Júcar	—	305	305	—	315	315	—	1.032	1.032	—	1.256	1.256
Ebro	—	2.695	2.695	—	2.793	2.793	—	4.740	4.740	5.150	5.505	10.655
Pirineo O.	—	139	139	—	139	139	—	171	171	—	607	607
Totales	5.590	5.479	11.069	6.310	6.428	12.738	9.760	13.692	23.452	23.085	17.137	40.222