

LOS EMBALSES EN ESPAÑA. SU NECESIDAD Y TRASCENDENCIA ECONÓMICA

José María Martín Mendiluce

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente del Comité Nacional Español de Riegos y Drenajes.

RESUMEN

Desde que en la década de los sesenta se planteó la ejecución del trasvase Tajo-Segura, siguiendo las geniales directrices de D. Manuel Lorenzo Pardo propuestas treinta años antes, la problemática hidráulica española se ha venido definiendo, acertadamente, a través de estos dos retos:

- la irregularidad en el tiempo
- la irregularidad en el espacio

Al primero de estos problemas hidrológicos, que se dan en mayor o menor medida en todos los países del mundo, dan respuesta los embalses reguladores, de larga tradición en nuestro país y que, recientemente, parece que están sujetos a amplias controversias debido a que afectan de forma sensible al medio natural, sin pararse a reflexionar lo que su construcción ha significado para nuestro país. A aclarar en alguna medida este extremo van dedicadas estas páginas.

ABSTRACT

The plan to divert water from the River Tagus to the basin of the River Segura, proposed thirty years before by Manuel Lorenzo Pardo, was put forth in the sixties, and since then the Spanish hydrological problem has been defined by the double challenge:

- temporal irregularity
- spatial irregularity

The former, to greater or lesser extent a worldwide challenge, is controlled by regulator dams which have long been in use in Spain. Recent criticism of these reservoirs as hostile to the environment overlooks the benefits derived from them. In these pages the question is examined.

1. LOS EMBALSES EN ESPAÑA

1.1. CARACTERÍSTICAS DE NUESTRA HIDROLOGÍA

Los embalses en nuestro país han constituido una necesidad permanente. Nuestros ríos no pueden calificarse como tales sino más bien como torrentes, generados por un sistema muy irregular

de precipitaciones no sólo dentro de un mismo año hidráulico sino de un año a otro. Las disponibilidades de agua dependen, por tanto, de la capacidad de almacenamiento existente en cada momento, gracias a la que se puede acomodar la irregular aportación natural a la demanda.

El gráfico nº 1 nos muestra las diez regiones hidrográficas en las que, tradicionalmente, se vie-

Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
julio de 1996.

Recibido en ROP:
abril de 1996

DIVISION CLASICA DE ESPAÑA PARA LA GESTION DEL AGUA



Gráfico 1.

ne dividiendo la España peninsular para la gestión y desarrollo de los recursos hidráulicos, y en el cuadro nº 1 se reseñan sus superficies y recursos naturales incluyendo también las cifras correspondientes a la España Insular (Islas Canarias e Islas Baleares), obtenidas del borrador del Plan Hidrológico Nacional (P.H.N.) presentado a la opinión pública por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MOPTMA) en Abril de 1993 (1).

El cuadro nº 2 muestra comparativamente la escorrentía superficial media y la de los años secos, junto con la disponibilidad natural (es decir, aquellos volúmenes que se producen oportunamente sin la influencia del hombre) para dos tipos

de demanda: uniforme, que corresponde a la de los abastecimientos domésticos e industriales y energía eléctrica, y variable, relativa a la de los riegos.

Un examen de este último cuadro revela la importancia primordial de la regulación en España, pues aún tomando como representativa la demanda uniforme que es para la que se cuenta con una mayor disponibilidad natural aunque no corresponde con el mayor sector consumidor de agua, el regadío, encontramos que de los 110.952 hm³/año que constituyen el "activo hidráulico" de los ríos españoles, sólo serían utilizables, con las garantías que la vida moderna requiere, 9.190 hm³/año (2), es decir, que el país podría solo apro-

**CUADRO Nº 1
SUPERFICIES Y RECURSOS HIDRÁULICOS NATURALES**

CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	VOLUMENES MEDIOS ANUALES, FLUVIALES(hm ³ /año)			PROCEDENTE DE ACUIFEROS DRENADOS DIRECTAMENTE AL MAR (hm ³ /año)	TOTAL GENERAL (hm ³ /año)
		De escorrentia superficial	De escorrentia subterránea	TOTAL		
Norte	54.829	39.113	2.804	41.917	171	42.088
Duero	78.056	13.293	1.865	15.158	10 (1)	15.168
Tajo	55.769	11.213	1.640	12.853	5 (1)	12.858
Guadiana	59.873	5.411	704	6.115	50	6.165
Guadalquivir	63.085	5.456	2.115	7.571	200	7.771
Sur	18.391	1.258	710	1.968	450	2.418
Segura	18.631	452	498	950	50	1.000
Júcar	42.904	637	3.105	3.742	400	4.142
Ebro	86.098	15.275	2.823	18.098	100	18.198
Pirineo O.(Cataluña)	16.493	1.744	836	2.580	200	2.780
TOTAL PENINSULAR	494.129	93.852	17.100	110.952	1.636	112.588
Islas Canarias:	7.273	265	140	405	560	965
Islas Baleares:	5.014	160	166	326	419	745
TOTAL GENERAL:	506.416	94.277	17.406	111.683	2.615	114.298

Fuente: P.H.N. (1993); (1) Acuíferos fronterizos con Portugal.

**CUADRO Nº 2
CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ESPAÑA PENINSULAR**

CUENCA	APORTACIÓN AÑO MEDIO, Am(hm ³ /año)	APORTACIÓN AÑO MAS SECO As (hm ³ /año)	DISPONIBILIDAD NATURAL (hm ³ /año)		ANA/Am 100 (%)
			Demanda uniforme ANA	Demanda variable(1)	
Norte	41.917	16.200	2.550	940	6,08
Duero	15.158	5.550	840	350	4,63
Tajo	12.853	750	360	125	2,80
Guadiana	6.115	200	10	5	0,16
Guadalquivir	7.571	1.000	920	450	12,15
Sur	1.968	550	50	20	2,54
Segura	950	450	130	60	13,68
Júcar	3.742	1.350	710	320	18,97
Ebro	18.098	8.000	3.460	2.145	19,12
Pirineo O.	2.580	750	160	75	6,20
TOTAL	110.952	34.800	9.190	4.445	8,28

(1) La demanda variable se identifica con las derivaciones de agua para riegos. Fuentes: P.H.N. (1993), El agua en España (CEDEX,1981); Los recursos hidráulicos (CEDEX,1985)

CUADRO Nº 3

CUENCA	Disponibilidades naturales a caudal uniforme (hm ³)ANA	Población (mill.hab) (1996)	Disponibilidades per capita m ³ /hab.y año
Norte:	2.550	6,75	378
Duero:	840	2,25	373
Tajo:	360	6,36	57
Guadiana:	10	1,66	6
Guadalquivir:	920	4,90	188
Sur:	50	2,07	24
Segura:	130	1,36	96
Júcar:	710	4,19	169
Ebro:	3.460	2,76	1.254
Pirineo O:	160	6,17	26
TOTAL ESPAÑA			
PENINSULAR:	9.190	38,47	239
Islas Canarias:	—	1,38	—
Islas Baleares:	—	0,65	—
TOTAL GENERAL:	9.190	40,50	227

vechar algo más del 8% de nuestro volumen global de recursos, lo que significa, aproximadamente, una quinta parte de los caudales naturales de que disponen los ríos europeos, donde son utilizables un 40% de sus recursos naturales.

El valor de la disponibilidad natural (ANA) que, en principio, puede considerarse como índice de los caudales mínimos medio ambientales (ecológicos) a respetar, varía mucho en porcentaje del medio al descender al nivel de cuenca, al pasar desde prácticamente cero hasta el veinte por ciento. Si excluimos la cuenca del Ebro, por su elevado valor, el resto pasaría a representar un ANA/Am x 100 = 5.720/86.739 x 100 = 6,6% en vez del 8,0% de media para el conjunto peninsular. Esta cifra del 6,6% podría ser más representativa de las necesidades ecológicas a nivel nacional.

En el cuadro nº 3 se plasma la distribución por cuencas hidrográficas de los recursos per capita garantizados de forma natural para la población actual española (1996). Como puede verse si no se dispusiera de ningún embalse nuestro país dispondría, como media, de 227-239 m³/hab y año con una variación muy amplia que siendo cero en la España Insular, va desde 6 m³/hab y año en la

cuenca del Guadiana hasta 1.254 m³/hab.año para la cuenca del Ebro en la España peninsular. Teniendo en cuenta que la demanda media mundial actual en usos consuntivos se sitúa en torno a los 800 m³/hab y año (ver cuadro nº 10 y gráfico nº 5) y que la de nuestro país está en los 823 m³/hab y año

$$\frac{30.494 \text{ hm}^3 / \text{año}}{37,04 \text{ mill/hab}} = 823 \text{ m}^3 / \text{hab y año}$$

según el PHN para la España peninsular en 1992 (1), resulta que solo la cuenca del Ebro tiene disponibilidades naturales que permitirían, globalmente, atender unas demandas acordes con las actuales, siempre que la demanda fuese de caudal uniforme y estuviera situada en desembocadura, pero afectando, naturalmente, el caudal ecológico del delta que con tanto énfasis defiende la cuenca del Ebro.

Si, análogamente a como hicimos con los recursos naturales regulados, prescindimos de los casos extremos (España Insular, Guadiana y Ebro) la disponibilidad media que podría considerarse representativa en régimen natural sería:

$$\frac{9.190 - 3.460 - 10}{38,47 - 2,76 - 1,66} = \frac{5.120}{34,05} = 150 \text{ m}^3 / \text{hab y año}$$

que resulta ser un 150/823 x 100= 18,2% de la que se necesita hoy en día, es decir, menos de la quinta parte de la demanda requerida.

Si tomamos las cuencas más escasas de recursos de nuestra península, es decir, el litoral mediterráneo excepto el Ebro, Andalucía y Extremadura (cuencas del Guadiana, Guadalquivir, Sur, Segura, Júcar y Pirineo) la disponibilidad media resulta:

$$\begin{aligned} \frac{\text{ANA (hm}^3 / \text{año)}}{\text{mill hab.}} &= \\ &= \frac{10 + 920 + 50 + 130 + 710 + 160}{1,66 + 4,90 + 2,07 + 1,36 + 4,19 + 6,17} = \\ &= \frac{1980}{20,35} = 97 \text{ m}^3 / \text{hab. y año} \end{aligned}$$

es decir, solo un 97/823 x 100 = 11,8% de disponibilidad natural frente a las necesidades actuales,

CUADRO A

Calificación de la situación hidráulica	Recursos renovables m ³ /hab y año.
I- Absoluta escasez:	< 500
II-Escasez:	500 - 1000
III-Competencia por el uso:	1000 -1700
IV- Abundancia:	> 1700

lo que pone una vez más de relieve la desfavorable situación natural de la España seca.

1.2. LOS MODERNOS ÍNDICES DE LA SITUACIÓN HIDRÁULICA

La prestigiosa hidróloga sueca Malin Falkenmark ha propuesto los siguientes índices para caracterizar la situación hidráulica (Water Stress Index) recogidos en el cuadro A (3).

El índice de 1.000 m³/hab y año ha sido aceptado por el Banco Mundial y otros analistas como indicador general de escasez de agua. Gleik del Instituto de Pacífico, lo ha definido como "el mínimo aproximado necesario para una calidad de vida adecuada en un país de desarrollo moderado" (3).

El índice de 1700 m³/hab y año puede considerarse como una llamada de atención para aquellas naciones que puedan alcanzarlo con sus previsiones de incremento poblacional.

En el cuadro nº 4 se refleja la situación de las diferentes cuencas hidrográficas españolas, pudiendo apreciarse la gran diferencia que existe entre ellas, al pasar de un mínimo de 450 m³/hab y año (Pirineo, Cataluña) a 6.741 m³/hab y año en la Cuenca del Duero, es decir, una relación de 1 a 15.

Aplicando los índices antes señalados resulta que España, en su conjunto, puede considerarse incluido dentro del grupo de países abundantes, pero si descendemos al análisis de nivel regional, encontramos cuencas o regiones a incluir en cada una de las cuatro clases establecidas.

Efectivamente, las 12 regiones hidrográficas españolas (10 peninsulares y 2 insulares) se encuentran en el momento actual (1996) clasificadas como se refleja en el cuadro B.

La población española sometida hoy a índices de competencia o escasez es de 20,72 mill.de habitantes, es decir, un 51,2% de la total, mientras que a nivel mundial, en 1990, era de un 6,3%(3). Esto indica la relativa desfavorable situación espa-

ñola en cuanto a distribución de sus recursos hidráulicos frente al resto del mundo y el acentuado desequilibrio espacial de los mismos, a que hacíamos referencia al comienzo del artículo y que justifica la política de trasvases hidrográficos emprendida hace 30 años.

De cara al futuro la situación no mejora, naturalmente, aún cuando gracias a los moderados índices de crecimiento demográfico que prevén unos 44 millones de habitantes en el año 2.012 y 47,66 millones para el año 2025, incluido el turismo, el agravamiento relativo en su conjunto no resulta nada alarmante, al poderse evaluar la situación hidráulica en un plazo de 30 años con un índice de $114.298/47,66 \approx 2.400$ m³/hab y año todavía con amplio margen dentro del grupo de países con abundancia de agua.

**CUADRO Nº 4
DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES PER CAPITA**

CUENCA	Población (mill.hab)(1996)	RECURSOS NATURALES	
		TOTALES (hm ³ /año)	PER CÁPITA (m ³)
Norte:	6,75	42.088	6.235
Duero:	2,25	15.168	6.741
Tajo:	6,36	12.858	2.022
Guadiana:	1,66	6.165	3.714
Guadalquivir:	4,90	7.771	1.586
Sur:	2,07	2.418	1.168
Segura:	1,36	1.000	735
Júcar:	4,19	4.142	988
Ebro:	2,76	18.198	6.593
Pirineo O:	6,17	2.780	450
TOTAL			
PENINSULAR:	38,47	112.588	2.927
Islas Canarias:	1,38	965	699
Islas Baleares:	0,65	745	1.146
TOTAL GENERAL:	40,50	114.298	2.322

CUADRO B			
CLASIFICACIÓN HIDRÁULICA	CUENCA O REGIÓN	NÚMERO	POBLACIÓN (MILL,HAB)
I- Absoluta escasez	Pirineo O (Cataluña),	1	6,17
II-Escasez	Islas Canarias, Segura, Júcar	3	6,93
III-Competencia por el uso	Islas Baleares, Sur, Guadalquivir	3	7,62
IV-Abundancia	Tajo, Guadiana, Norte, Duero y Ebro	5	19,78
TOTALES:		12	40,50

1.3. LA EVOLUCIÓN DE NUESTRA CAPACIDAD DE REGULACIÓN

A la vista de lo expuesto resulta clara la necesidad de regular nuestros recursos, mediante una adecuada política de construcción de embalses, que fue acometida por nuestro país, con la intensidad que requería el desarrollo, a partir del primer tercio del presente siglo, con la creación de las Confederaciones Hidrográficas.

La citada necesidad se desprende del examen de los cuadros 2 y 3, de donde conviene resaltar que con la regulación de las aportaciones del año más seco, es decir, con la regulación anual, se podría utilizar hasta un tercio del volumen anual medio de aportaciones, y que para sobrepasar este porcentaje se precisa la regulación interanual, guardando agua de unos años para otros, que resulta el horizonte a contemplar para poder utilizar una cantidad sustancial de nuestros recursos hidráulicos.

La imperiosa necesidad, de disponer de caudales regulados para el desarrollo ha llevado a España, desde tiempo inmemorial, a crear embalses reguladores mediante la construcción de presas. El desarrollo alcanzado en los últimos cincuenta años, que nos ha permitido situarnos en el lugar noveno entre los países del mundo en cuanto a su Producto Nacional Bruto (PNB)(4), no hubiera sido posible sin la generación previa de los recursos de agua necesarios, en cantidad y calidad suficientes, alcanzada gracias a los embalses construidos.

Es de notar que el sector que más agua utiliza, el regadío, se ha desarrollado históricamente hasta el límite que han permitido, con escasa garantía, los recursos regulados de forma natural. A principios de siglo la superficie regable de nuestro país, que había venido creciendo de forma paulatina sin disponer prácticamente de regulación artificial, llegó a alcanzar un millón de hectáreas, que

con los 4.445 hm³/año disponibles (ver cuadro nº 2) frente a una demanda media próxima a los 8000 hm³/año, suponía una garantía media inferior al 60%. Para ampliar el regadío hasta superar los 3.300.000 has (1) de hoy en día ha sido necesario acudir a la regulación artificial masiva.

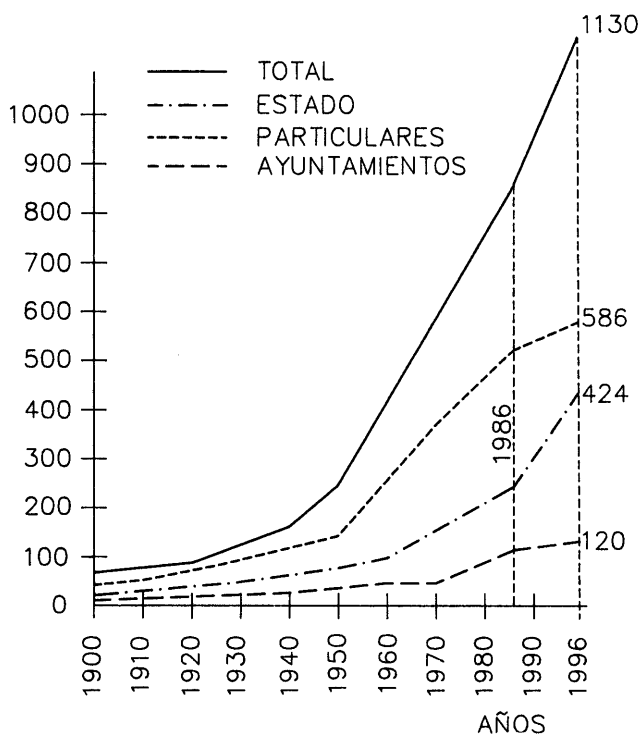
El gráfico nº 2 permite seguir la tendencia cronológica del número de grandes presas españolas en explotación desde la época romana, que se refiere a las presas que se conservan y explotan actualmente; un gran número de las construidas hace siglos, pero sin capacidad significativa, han desaparecido y sólo existe información histórica sobre algunas de ellas. Puede apreciarse que la construcción de grandes presas se aceleró en España después de la guerra civil (1940), y especialmente a partir de 1950, para poder atender al acelerado desarrollo económico del país.

El gráfico 3 muestra la evolución de la capacidad total de nuestros embalses desde el principio de este siglo, y corrobora lo indicado anteriormente, ya que es a partir de 1950 cuando el esfuerzo en la construcción de presas empieza a traducirse en un aumento muy considerable de nuestro volumen de embalse. Cabe destacar que la actual capacidad (53.160 hm³) representa cerca del 48% de la escorrentía superficial media anual de los ríos españoles lo que da idea del enorme esfuerzo realizado.

Puede también comprobarse que el ritmo de crecimiento global de la capacidad de embalse en el período 1970-1986 sufrió una disminución apreciable respecto al máximo alcanzado en el período 1960-1970, pero casi se ha recuperado durante el último decenio, lo que es un índice de la atención prioritaria que prestan los poderes públicos a este fundamental problema infraestructural español.

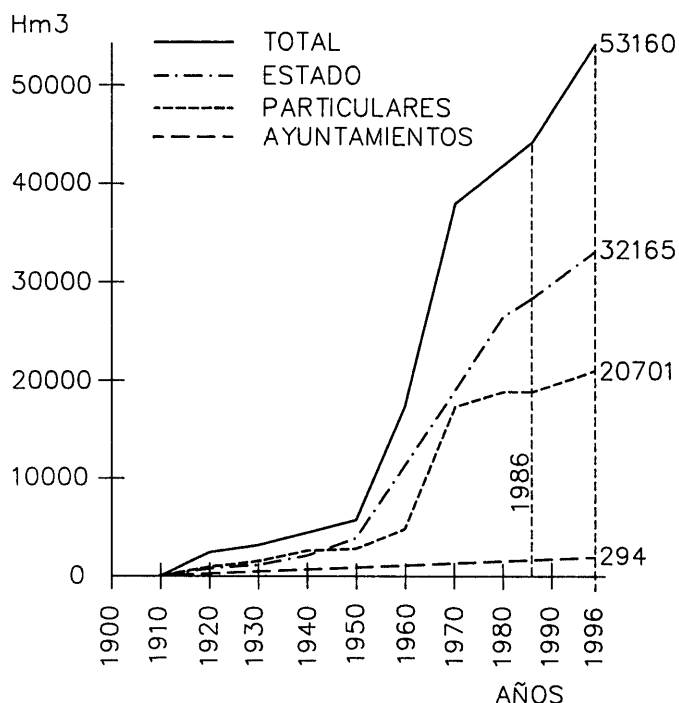
En el cuadro nº5 se consigna la distribución por cuencas hidrográficas de las capacidades de embalse y las disponibilidades actuales de recur-

EVOLUCION DEL NUMERO DE EMBALSES



FUENTE: D.G.O.H., MOPU Inventario de presas (1986)
 Área de tecnología y control de estructuras (1996)

EVOLUCION DE LA CAPACIDAD DE EMBALSE



FUENTE: D.G.O.H., MOPU Inventario de presas (1986)
 Área de tecnología y control de estructuras (1996)

Gráficos 2 y 3.

Los regulados, basadas en las evaluaciones hechas en el PHN (1) para 1992, en los datos del Área de Tecnología y Control de Estructuras (antes Vigilancia de Presas) de la Dirección General de Obras Hidráulicas (D.G.O.H.), y en una actualización realizada recientemente por el CEDEX (5). Puede destacarse que los 44.000 hm³/año de volumen regulado de que dispone la España Peninsular con los 53.000 hm³ de capacidad de embalse construida, representan el 40% de los recursos naturales, es decir, que hoy estamos a "nivel hidrológico europeo" pero para ello ha sido necesario desarrollar una ingente labor de regulación

En el cuadro nº6 se reseña una estimación de la D.G.O.H. en cuanto a la posible capacidad de embalse futura, las disponibilidades que, previsiblemente, puede proporcionar y el grado de regu-

lación alcanzable con la capacidad prevista según estimaciones realizadas a partir de datos del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) (6,7 y 8).

En el cuadro nº7 se han reflejado las disponibilidades per cápita actuales (1996) y las correspondientes a las evaluaciones consignadas en el P.H.N. (1992).

En relación con las disponibilidades en función de la capacidad de embalse se incluye el gráfico 4 en el que se resumen las estimaciones realizadas por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) en 1971 (7 y 8). La curva de garantía del 96% procede de (7) tomando como disponibilidades los valores medios para demanda uniforme y variable. Las curvas parciales reseñadas del 98% y 100% de garantía proceden de (8) con el mismo criterio. Como puede verse los datos del Plan Hidrológico

**CUADRO Nº 5.
RECURSOS DISPONIBLES ACTUALMENTE (1992 Y 1996)**

CUENCA	CAPACIDAD DE EMBALSE		DISPONIBILIDADES SUPERFICIALES (hm ³ /año)		DISPONIBILIDADES SUBTERRÁNEAS (hm ³ /año)		DISPONIBILIDADES TOTALES (hm ³ /año).		
	1992	1996	1992	1996	interiores	costeras	total	1992	1996
Norte	4.316	4.405	8.777	8.900	—	51	51	8.828	8.951
Duero	7.398	7.534	7.424	7.500	373	—	373	7.797	7.873
Tajo	10.904	11.131	6.069	6.800	164	—	164	6.233	6.964
Guadiana	8.379	8.581	2.192	2.200	761	10	771(1)	2.963	2.971
Guadalquivir	5.996	8.288	2.966	3.800	315	135	450(2)	3.416	4.250
Sur	1.113	1.160	685	750	54	370	424(3)	1.109	1.174
Segura	1.078	1.138	659	670	426	40	466(4)	1.125	1.136
Júcar	2.755	3.359	1.612	1.800	1.255	185	1.440(5)	3.052	3.240
Ebro	6.402	6.761	10.518	10.650	149	60	209	10.727	10.859
Pirineo	610	692	911	930	362	85	447(6)	1.358	1.377
Total peninsular	48.951	53.049	41.813	44.000	3.859	936	4.795	46.608	48.795
Isl. Canarias	105	100	70	70	20	330	350(7)	420	420
Isl. Baleares	11	11	29	29	—	283	283(8)	312	312
Total general	49.067	53.160	41.912	44.099	3.879	1.547	5.428	47.340	49.527

acuíferos sobreexplotados: (1) 280 hm³, (2) 25 hm³, (3) 60 hm³, (4) 325 hm³, (5) 125hm³, (6) 50 hm³, (7) 160 hm³, (8) 30 hm³,

Total: 1.055 hm³/año.

Fuentes: Plan Hidrológico Nacional (1) y CEDEX (5),

**CUADRO Nº 6.
ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD FUTURA DE EMBALSE Y LAS DISPONIBILIDADES SUPERFICIALES A LARGO PLAZO**

CUENCA	VOLUMENES: MEDIOS ANUALES AM(hm ³ /AÑO)	CAPACIDAD POTENCIAL DE EMBALSE (hm ³)	DISPONIBILIDADES SUPERFICIALES FUTURAS V(hm ³ /año)	GRADOS DE REGULACIÓN V/AM 100(%)
Norte	41.917	8.716	11.850	28,3
Duero	15.158	12.317	8.900	58,7
Tajo	12.853	15.819	7.800	60,7
Guadiana	6.115	9.277	2.550	41,7
Guadalquivir	7.571	10.551	5.200	68,7
Sur	1.968	1.840	980	49,8
Segura	950	1.438	850	89,5
Júcar	3.742	4.498	2.300	61,5
Ebro:	18.098	10.945	11.800	65,2
Pirineo O	2.580	1.318	990	38,4
Total Peninsular	110.952	76.719	53.220	48,0

Fuentes: D.G.O.H. y CEDEX

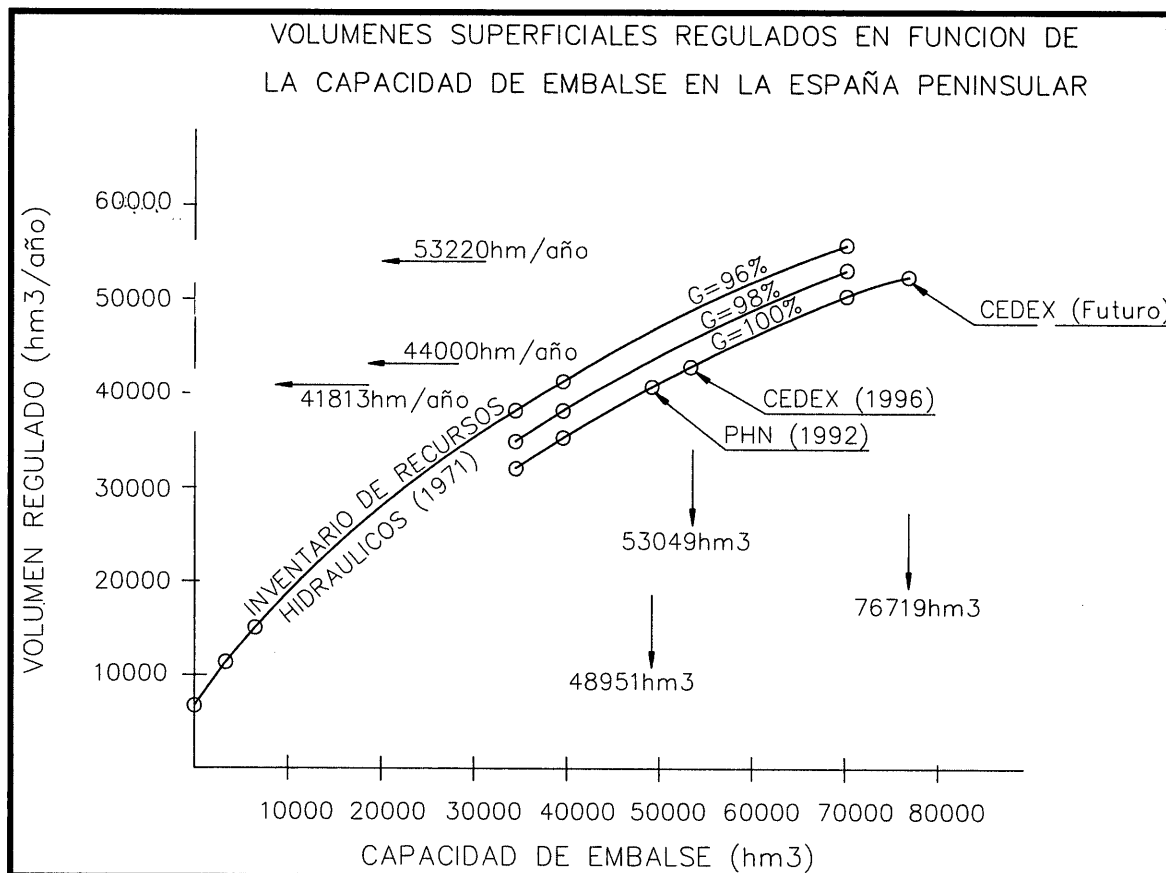


Gráfico 4.

CUADRO N° 7.
RECURSOS DISPONIBLES PER CAPITA ACTUALMENTE (1992 y 1996)

CUENCA	RECURSOS DISPONIBLES hm³/año		POBLACIÓN mill.hab		RECURSOS DISPONIBLES PER CÁPITA m³/hab/año;	
	1992	1996	1992	1996	1992	1996
Norte	8.828	8.951	6,56	6,75	1.346	1.326
Duero	7.797	7.873	2,25	2,25	3.465	3.499
Tajo	6.233	6.964	6,03	6,36	1.034	1.095
Guadiana	2.963	2.971	1,64	1,66	1.807	1.790
Guadalquivir	3.416	4.250	4,68	4,90	730	867
Sur	1.109	1.174	1,98	2,07	560	567
Segura	1.125	1.136	1,31	1,36	859	835
Júcar	3.052	3.240	3,99	4,19	765	773
Ebro	10.727	10.859	2,75	2,76	3.901	3.934
Pirineo Or. (Cataluña)	1.358	1.377	5,85	6,17	232	223
Totales o medias de						
España Peninsular	46.608	48.795	37,04	38,47	1.258	1.268
Isl. Canarias	420	420	1,33	1,38	316	304
Isl. Baleares	312	312	0,63	0,65	495	480
Total o media en						
España	47.340	49.527	39,00	40,50	1.214	1.223

Fuentes: P.H.N. (1) y CEDEX (5)(6)

CUADRO N° 8.
EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA REGULACIÓN SUPERFICIAL

AÑO	CAPACIDAD DE EMBALSE C(hm ³)	VOLUMEN REGULADO DE RECURS. SUPERFICIALES Vr(hm ³ /año)	VOLUMEN REGULADO NATURALMENTE Vrn(hm ³ /año)	RENDIMIENTO DE LA REGULACIÓN Vr-Vrn (m ³ reg)/C (m ³ emb)
1970	34.660	34.744	6.817	0,901
1975	39.265	37.012	6.817	0,859
1992	48.951	41.813	6.817	0,715
1996	53.049	44.000	6.817	0,701
Futuro	76.719	53.220	6.817	0,605

Nacional pueden asimilarse a la curva determinada en (8) para el 100% de garantía, por lo que se han extrapolado los valores de las curvas del 100% cuenca por cuenca para las capacidades de embalse inventariadas por la D.G.O.H. para el futuro (76.719 hm³) obteniéndose como disponibilidad total superficial para la España Peninsular, un volumen total de 53.220 hm³/año. En el cuadro nº8 se calcula la evolución del rendimiento obtenido de la regulación.

Como puede comprobarse el rendimiento de la regulación resulta, lógicamente, decreciente. Las regulaciones marginales medias resultan:

Hasta 1970: 0,901 m³/regul/m³emb.
 1970-1996: $44.000 - 34.744 / 53.049 - 34.660 = 9.256 / 18.389 = 0,503$ m³/regul/m³emb
 1996-Futuro: $53.220 - 44.000 / 76.719 - 53.049 = 9.220 / 23.670 = 0,390$ m³regul/m³emb.

CUADRO N° 9.
DISPONIBILIDADES FUTURAS (hm³/año)

CUENCA	AGUAS SUPEFICIALES	AGUAS SUBTERRÁNEAS	TOTALES.
Norte	11.850	1.583	13.433
Duero	8.900	599	9.499
Tajo	7.800	1023	8.823
Guadiana	2.550	491(x)	3.041
Guadalquivir	5.200	425(x)	5.625
Sur	980	364(x)	1.364
Segura	850	141(x)	991
Júcar	2.300	1.315(x)	3.615
Ebro	11.800	209(x)	12.009
Pirineo O	990	397(x)	1.387
Totales peninsulares	53.220	6.547	59.767
Isl. Canarias	70	190(x)	260
Isl. Baleares	29	253(x)	282
Totales España:	53.319	6.990	60.309

(x) evaluaciones del PHN sin sobreexplotación

**CUADRO N° 10.
EVOLUCIÓN DE LAS DEMANDAS Y CONSUMOS PER CAPITA A NIVEL MUNDIAL.**

AÑO	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Población (mill.hab)	1.550	2.216	2.516	3.014	3.698	4.460	5.293	6.158
Demanda (Km ³ /año)	579	1.060	1.360	1.990	2.590	3.320	4.130	4.900
Consumos (Km ³ /año)	417	701	894	1.250	1.540	1.950	2.360	2.675
Demandas per capita (m ³ /hab/año):	374	478	541	660	700	744	780	796
Consumos per capita (m ³ /hab/año)	269	316	355	415	416	437	446	434

Es decir, que el rendimiento futuro es un 77,5% del obtenido en los últimos 25 años y un 43,3% del obtenido hasta 1970.

Si se considera como potencial de utilización de aguas subterráneas las consignadas en (6) y (9) menos las del sobreexplotaciones a que hace re-

ferencia el PHN (1), las disponibilidades futuras podrán evaluarse como indica el cuadro n° 9.

En consecuencia resulta que con las perspectivas que ofrecen los estudios actuales será posible disponer en el futuro, como mínimo, de un $60.309 / 114.298 \times 100 = 52,2\%$ de los recursos na-

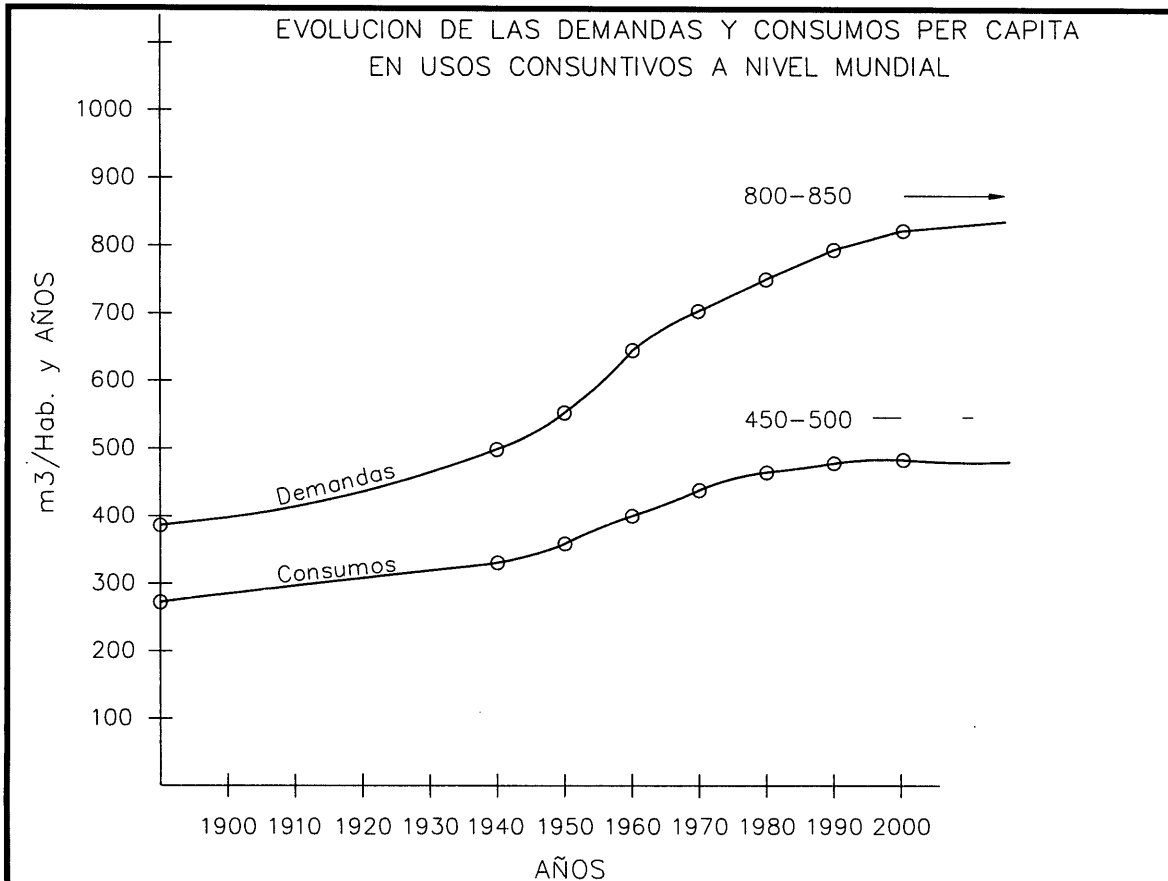


Gráfico 5.

turales. Cabe señalar que, debido a que no es necesario atender importantes usos consuntivos de riego en las cuencas del Norte de España su grado de regulación previsto es muy reducido (28,3%) y su potencial hidráulico enorme (37,5% del total de la península). Por lo tanto cabe esperar una regulación más intensiva de los recursos del Norte de España, bien en sus cuencas o en las colindantes mediante bombeo, para su traslado a cuencas deficitarias cuando se plantee su necesidad y conveniencia.

Por otro lado es preciso aclarar que en las estimaciones realizadas de disponibilidades no se ha tenido en cuenta el posible incremento que produzca una explotación coordinada y conjugada de los recursos superficiales y subterráneos, utilizando principalmente estos últimos como reserva interanual que permita bien incrementar las disponibilidades evaluadas con una explotación independiente de ambas fuentes de recursos, o bien incrementar la garantía de los suministros previstos.

Con estas importantes contribuciones "ad futurum" no resultaría nada aventurado suponer que las disponibilidades futuras del país podrían aproximarse al 60% de los recursos naturales, cifra que ya ha sido barajada en evaluaciones anteriores (6 y 9) realizadas con garantías de suministro inferior a la considerada en la presente estimación, que está plenamente justificada por las dificultades encontradas para atender la demanda en el reciente período seco 1990-1995.

En relación con las disponibilidades per capita (Cuadro nº 7) cabe decir que su distribución geográfica acusa las mismas características que la de los recursos naturales (Cuadro nº 4) pero algo más agravadas, ya que en estos últimos la cuenca más desfavorecida, el Pirineo O. (Cataluña), disponía de 450 m³/hab y año lo que representa un 18,2% de la media, y sin embargo en las disponibilidades sólo se cuenta para dicha cuenca con 223 m³/hab.y año que supone sólo un 15,9% de la media.

Para poder hacer una evaluación comparativa de nuestra cifra actual de disponibilidades (unos 1.200 m³/hab y año) con el resto del mundo incluimos el siguiente Cuadro nº 10 y el gráfico 5 que permiten determinar la tendencia de la demanda y el consumo a nivel mundial.

Como puede observarse la tendencia en las demandas es a estabilizarse en los 800-850 m³ hab y año y en los 450-500 m³ hab y año para los consumos en los usos consuntivos. La primera ci-

fra puede considerarse como representativa de las disponibilidades precisas en países abundantes en agua (el mundo en su conjunto presenta un índice general hidráulico de abundancia) y la cifra de consumo puede ser la que sirva de base para establecer el mínimo de disponibilidades que precisan los países con escasez de agua en los que sería preciso acudir a reutilizaciones intensivas.

La cifra de 800-850 m³/hab.y año resulta concordante con las previsiones hechas en otras ocasiones y regiones. Así Doxiadis, en 1967 durante la conferencia internacional Water for Peace celebrada en Washington, presentó una comunicación en la que preveía para el futuro una demanda de 1.100 m³/hab.y año.

En (11) se indica que "una dotación anual de 1.000 metros cúbicos por persona suele considerarse como típicamente necesaria para un estándar de vida adecuado". En Estados Unidos el Water Resources Council (WRC) en 1968 estimaba las demandas medias de agua del país tanto en el presente como en el futuro en unos 1300 m³/hab y año (12). Comparando las cifras del citado estudio con la realidad alcanzada en 1980 en el Estado de California (13), puede estimarse hoy más adecuada una cifra de 1000 m³/hab. y año que la de 1.300 m³/hab y año prevista por el WRC dos décadas antes.

Considerando los países con escasez se puede tomar como patrón Israel que en 1991 disponía de 440 m³/hab.y año, con un elevado desarrollo.

Por lo tanto podrían tomarse las siguientes demandas como índices a alcanzar:

Países con agua abundante:

900-1.000 m³/hab. y año.

Países con escasez de agua:

450-500 m³/hab. y año.

España, en su conjunto, se encuentra, afortunadamente, entre los primeros y su disponibilidad global actual (unos 1.200 m³/hab y año) resulta satisfactoria. Sin embargo, muchas de sus cuencas (litoral mediterráneo excepto Ebro, Andalucía y España Insular) se encuentran por debajo de ese límite superior de los 1.000 m³/hab y año y precisaran de medidas intensas de reciclaje y de trasvases.

Con las disponibilidades actuales, adecuadamente distribuidas, se podrán atender una población de unos 50 millones de habitantes, y con las

disponibilidades futuras evaluadas con las infraestructuras inventariadas (unos 60.000 hm³/año) se podría llegar hasta unos 60 millones de habitantes, lo cual nos permite afrontar el futuro con cierto optimismo dado el largo plazo de cobertura que se alcanzaría con esas cifras (en el año 2012 el PHN preve unos 44 mill.de habitantes y en el año 2025 se estima que llegaría a 47 mill. de habitantes). Solo hace falta que se arbitre un reparto equitativo y adecuado de los recursos a nivel de país.

Sin embargo, y a pesar de esta favorable perspectiva es necesario no bajar la guardia en materia de construcción de embalses que constituyen el capítulo más importante de nuestro patrimonio hidráulico.

Sin perjuicio de lo anterior, resulta evidente que hoy en día no se puede actuar como hasta recientemente en un solo frente para equilibrar el balance hidráulico sino en todos los posibles, y una de las actuaciones mas trascendentales en materia hidráulica que le aguarda a nuestro país es la adecuada "gestión de la demanda" pues como muy bien dice Sandra Postel (14).

"El derroche de agua en el regadío constituye el mayor embalse dentro del último oasis".

o como se indica en (3)

"quizás el aspecto mas esperanzador del uso del agua por la humanidad, irónicamente, es que hoy está tan desperdiciada que se pueden conseguir tremendos ahorros mediante una gestión más eficiente del agua".

Sin embargo es preciso reconocer que una gestión mas eficiente del agua, aunque es posible no va a ser tarea fácil y, con seguridad, será un proceso lento, ya que los derechos adquiridos legalmente y las políticas tarifarias paternalistas tradicionalmente aplicadas así como la falta, en general, de alicientes que permitan motivar el ahorro, no se cambian en un día. El agua, como bien social que es, además de económico, presenta una inercia grandísima a cambios que no contemplen una incentivación económica clara.

De todas formas las políticas de ahorro de agua se deben ir imponiendo poco a poco si se quiere abordar con éxito la política de redistribución de recursos, tan necesaria en nuestro país para la atención de las demandas en sus zonas críticas (España Seca).

En cualquier caso la política de regulación, que permitirá incrementar más de un 10% las actuales disponibilidades, debe de continuar en la medida que resulte competitiva con otras alternativas.

2. EL VALOR ECONÓMICO DEL AGUA

Aunque sea solo de forma muy preliminar y con el carácter de una primera aproximación al problema, vamos a intentar evaluar la repercusión del recurso natural, agua, en el proceso productivo español.

En principio intentaremos valorar su influencia en los siguientes sectores, cuyas demandas según el Plan Hidrológico Nacional (1) son:

Sector	Demanda en 1991 (hm³/año)
- Agricultura de regadío	24.245
- Abastecimientos industriales	1.994
- Abastecimientos domésticos	4.305
- Energía hidroeléctrica.....	sin determinar
- Otros usos (caudales ecológicos y de refrigeración)	6.598
Total	37.092

2.1. AGRICULTURA DE REGADÍO

De acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura reseñados en (15), los 3.239.412 has bajo riego en España aportan el 60% de la producción agraria total. Según (4) en 1993 la agricultura supuso un 5% del PIB, estimado en 60,9 billones de ptas. Por lo tanto la producción agrícola de regadío sería del orden de: 0,6x0,05x60,9 = 1,83 billones de ptas.

Por otro lado en el Symposium Nacional sobre "Presente y Futuro de los regadíos españoles" celebrado en el CEDEX en 1994 se presentó un trabajo (16) en el que se evaluaba en 1.462 billones de ptas. la producción total de los regadíos españoles, lo que supondría un valor de producción de 60 ptas/m³, si se distribuyese dicho valor de producción entre los 24.245 hm³/año estimados como demanda de regadío en el P.H.N.

Pues bien, tomando esta última cifra, más conservadora que la anterior, y producto de una estimación mas elaborada que la primera, veamos cual es la cifra asignable a la regulación artificial.

De acuerdo con el cuadro nº 2 resulta que la demanda garantizada de forma natural para el regadío es de 4.445 hm³/año, luego la demanda atendible artificialmente sería de 24.245 - 4.445 = 19.800 hm³/año.

Según el PHN (1) las aguas subterráneas proporcionan al regadío unos 4855 hm³/año pero prácticamente este volumen de agua se detrae de

la regulación natural, es decir, que solo cabría deducir de la regulación producida por los embalses la cantidad $4855-4445=410 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Por lo tanto resulta: Demanda agrícola garantizada por los embalses reguladores: $19.800-410=19.390 \text{ hm}^3/\text{año}$

En consecuencia: valor de la regulación agrícola de regadío = $19.390 \times 60 \times 10^{-6} = 1,163$ billones de ptas.

2.2. ABASTECIMIENTOS INDUSTRIALES

En un estudio recientemente realizado para el Sureste español (17) donde se analiza ampliamente la crítica situación hidráulica de la región y la imperiosa necesidad de acudir a fuentes externas para atender a las actuales demandas y no coartar el desarrollo, se valora la productividad del agua en los siguientes sectores industriales como sigue:

Sector	Productividad o VAB (ptas/m ³)
Conservas vegetales	850-1.250
Mataderos e industrias cárnicas.....	3.750-10.300
Cerveceros.....	> 4.000
Plásticos.....	3.660-6.250
Curtidos.....	5.000

Considerando estas cifras puede tomarse el valor de 1000 ptas/m³ como un mínimo de carácter nacional para evaluar la repercusión económica del sector. En el PHN la utilización de aguas subterráneas en abastecimientos se asigna a los usos domésticos, por lo que aquí no consideramos ninguna deducción. En consecuencia: valor de la regulación con carácter industrial = $1.994 \times 1.000 \times 10^{-6} = 1,994$ billones de ptas.

No se ha considerado la asignación de ninguna parte de la regulación natural cargada toda al regadío, en virtud de los derechos históricos y adscripción del agua a la tierra que imponía nuestra centenaria Ley de Aguas, hoy ya reemplazada por una nueva que conserva, lógicamente, los derechos adquiridos.

2.3. ABASTECIMIENTOS DOMÉSTICOS

En el estudio antes citado (17) se incluyen también datos sobre los precios del agua para uso urbano industrial, consignándose el de 236,5pts/m³ como media para la Unión Europea. Aún a sabien-

das de que el valor anterior resulta reducido para reflejar el valor real de un m³ de agua dedicado al abastecimiento poblacional, asignaremos a los abastecimientos domésticos un valor de 250 pts/m³ como una primera aproximación.

De acuerdo con los datos del PHN (1) un 22% de los 4.305 hm³/año del agua utilizada en abastecimientos, es decir, 961 hm³/año procede de los recursos subterráneos, por lo que resulta: Valor de la regulación para usos domésticos = $(4.305-961) \times 250 = 0,836$ billones de pts.

Por la misma razón que en 2.1 no se ha considerado regulación natural con la que podrían abastecerse estos usos.

2.4. ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

La valoración de este sector hay que hacerla, lógicamente, a través de la producción. En estos momentos la productividad media del equipo hidráulico instalado en el país es del orden de 32.000 Gwh/año según el PHN (1), es decir un 19% de la producción media anual de energía eléctrica (168.686 Gwh en 1995). Como se sabe la energía eléctrica regulada se dedica, fundamentalmente, a la producción de puntas, cuyo valor se estima (18) entre 20 y 30 ptas/kwh. Supondremos unas 25 ptas/kwh para este tipo de energía hidráulica. De la producción media de energía hidroeléctrica antes reseñada puede considerarse que unos 10.000 Gwh/año serían de energía de puntas y el resto podría valorarse a niveles de precio medio de venta en 1992 (4), es decir: $2700.657 \text{ mill pts}/158.506 \text{ Gwh} = 17,0 \text{ ptas/Kwh}$

Puede considerarse, además, que la energía hidroeléctrica producible sin embalses económicamente sería, aproximadamente, la producida en 1940, es decir, unos 3.300 Gwh/año.

En consecuencia el valor de la regulación en el sector energético hidroeléctrico, sería: valor de la regulación en la hidroelectricidad: $[10.000 \times 25 + 32.000 - 10.000 - 3.300] \times 10^{-6} = (250.000 + 317900) \times 10^{-6} = 0,568$ billones de pts.

2.5. OTROS USOS (REFRIGERACIÓN DE CENTRALES TÉRMICAS Y CAUDALES ECOLÓGICOS)

Según el PHN estos usos vienen a representar un $6.598 \times 100 / 170.952 = 5,9\%$ del volumen anual medio de nuestros ríos peninsulares lo que según se ha indicado anteriormente, resulta próxima aunque algo inferior al 6,6% estimado preliminarmente. Resulta difícil valorar monetariamente es-

tos caudales ecológicos pero como, en realidad, son los asignados como regulación natural a los regadíos, consideraremos en primera aproximación el mismo valor unitario aplicado al agua de riego, es decir, 60 ptas/m³.

En consecuencia resulta: Valor de regulación para otros usos = $6598 \times 60 \times 10^{-6} = 0,396$ billones de pts.

2.6. RESUMEN

En definitiva, la repercusión total que la regulación alcanzada supone a la economía española sería:

En el sector de regadíos.....	1,163 billones de pts.
En usos industriales.....	1,994 billones de pts.
En usos domésticos.....	0,836 billones de pts.
En hidroelectricidad.....	0,586 billones de pts.
En otros usos (medioambientales).....	0,396 billones de pts.
TOTAL.....	4,975 billones de pts

Es decir, unos 5 billones de pts, que representan el $4,975/60,9 \times 100 = 8,2\%$ del PIB en 1992. Quiere esto decir que el agua embalsada hoy utilizada en España equivale a un patrimonio próximo al PIB del país (unos 61 billones de pts), lo cual da idea del importantísimo valor económico del agua. Contrasta esta valoración de los "efectos vivos" del agua regulada con la austera estimación del P.H.N, que situaba el patrimonio de los embalses, por su valor de reposición a 60 ptas/m³ de agua embalsada, en unos 3 billones de pts.

El gran valor económico del agua, puesto de manifiesto con la presente evaluación conservadora, justifica ampliamente las acciones hidráulicas de infraestructura que permitan garantizar el suministro en épocas críticas y acudir a resolver los problemas puestos de manifiesto en el reciente período seco 1990-1995 aumentando en la medida necesaria la garantía de los suministros afectados.

Otra lección que nos ha proporcionado la pasada sequía es la necesidad de controlar muy estrictamente los desagües de nuestros embalses, no superando en ningún caso (salvo en avenidas) el desagüe de los caudales regulados previstos.

Cabe también destacar que el sector regadíos, que utiliza el 65% del agua regulada sólo procura el 23% de la renta generada por el agua, lo que indica la necesidad y conveniencia de afrontar la transferencia de agua entre usos alternativos, de

forma temporal o permanente, mediante las adecuadas transacciones económicas (mercado del agua). Es de destacar también que existen excepciones en el regadío como el caso del Sureste español donde las evaluaciones más recientes (19 y 20) sitúan el valor de la producción obtenida con los recursos del trasvase Tajo-Segura en 318 y 210 pts/m³, cifras próximas a la estimación realizada para los usos domésticos. Por lo tanto la transferencia de recursos en estas áreas debe de ser selectiva y temporal.

3. COMENTARIOS FINALES

Gracias a la capacidad de embalse construida, próxima al 50% de los recursos hidráulicos naturales, España ha podido despegar en un rápido desarrollo económico y situarse como el noveno país del mundo en cuanto al Producto Nacional Bruto (P.N.B.).

En el momento actual hemos conseguido situarnos "hidrológicamente a nivel europeo" pero para ello ha sido necesario llevar a cabo una ingente labor de construcción de presas, no siempre bien comprendida, por no haberse realizado los adecuados balances entre los efectos positivos y negativos que estas grandes obras de infraestructura producen.

La capacidad de embalse hoy disponible permite un abastecimiento adecuado de las demandas del país considerado como una unidad, ya que los índices hidráulicos de disponibilidad alcanzados resultan suficientes. No obstante, esta visión unitaria tranquilizadora requiere el afrontar una política de trasvases para situar los recursos disponibles sobrantes en las zonas críticas (litoral mediterráneo y Andalucía).

Las posibilidades de embalse inventariadas son suficientes para atender los posibles crecimientos de la demanda hasta bien entrado el próximo siglo, sin haber agotado las cuencas del Norte de España, que constituyen la gran reserva hidráulica de la Península a tener en cuenta en acciones de mayor futuro.

No obstante esta "confortable situación hidráulica global" debe de continuarse la política de regulación orientada de forma selectiva dentro de una gestión integrada tanto de la oferta (recursos superficiales y subterráneos) como de la demanda (ahorro hidráulico).

Resulta esencial insistir, como en la mayor parte de los países del mundo, en la adopción de una

adecuada política de gestión de la demanda que permita aprovechar en cada momento las disponibilidades de la forma más eficiente posible. Para ello sería necesario abordar los aspectos legales y económicos del sector hidráulico que permitan favorecer esta orientación y no entorpecerla. La tarea no es fácil y, cuando menos, se prevé lenta.

El agua tiene un valor económico indudable, que muchas veces no se contempla adecuadamente, y que es preciso tener en cuenta para lograr la máxima conservación posible del recurso.

En el momento presente puede estimarse que, como mínimo, el Patrimonio que representa el recurso agua regulado por embalses se encuentra próximo al Producto Interior Bruto (PIB), y el valor añadido que procura su utilización es de unos cinco billones de pesetas.

La ostensible mayor productividad económica de la industria y los servicios en la utilización del agua frente a la del regadío, aconseja facilitar de forma legal la transferencia del agua entre los usos agrícolas y los restantes, de forma temporal o permanente según el caso (mercado del agua).

El gran valor económico del agua también avalla, en principio, la conveniencia de acudir rápidamente a corregir las deficiencias que se han observado en el reciente período seco (1990-1995) aumentando la garantía de los suministros correspondientes.

En resumen, podemos afirmar una vez más que los embalses en España constituyen parte esencial de nuestra vida pues suponen la disponibilidad de agua y, como tantas veces se ha dicho, sin agua no hay vida posible, y la vida tiene un valor incalculable, difícil de traducir a términos monetarios.

BIBLIOGRAFÍA

- (1)- Plan Hidrológico Nacional-Memoria-MOPTMA-1993.
- (2)- El Agua en España-Centro Estudios Hidrográficos-CEDEX-1981.
- (3)- Sustaining water-Population and the Future of Renewable Water Supplies-Population and Environment Program-Population Action International-Washington 1993.
- (4)- Anuario El País- 1996.
- (5)- Spain's present situation on water development and future prospecton-CEDEX-1996.Trabajo presentado al "Mekong Basin Development Plan. Insigth Workshop"- Bangkok.Abril 1996.
- (6)- Los Recursos Hidráulicos-CEDEX(1985).
- (7)- Criterios y Experiencias de la regulación de los ríos. Publicación de ICOLD-1976.
- (8)- El inventario de Recursos Hidráulicos y los balances hidráulicos de carácter nacional CEDEX-1971.
- (9)- Las infraestructuras en España: Carencias y soluciones- Instituto de Estudios Económicos-1990.
- (10)- Los Recursos hídricos del mundo-IA Shiklomanov-La naturaleza y sus recursos-UNESCO-1990.
- (11)- Water conflicts and Research priorities-Oxford-Pegamon Press 1980.
- (12)- The Nation's Water Resources-Water Resources Council- Washington 1968.
- (13)- Water conservation in California-Depart of Water Resources- State of California-1984.
- (14)- Last Oasis. Facing water scarcity-Sandra Postel-1993.
- (15)- Legal and Institutional Aspects: Organization-CEDEX-1996.Trabajo presentado al "Mekong Basin Development Plan Insigth Workshop".Bangkok-1996.
- (16)- Estimación de la producción total agrícola en los regadíos españoles y su distribución por cuencas hidrográficas; pts/m³ agua aplicada-Juan Enrique Verde Casanova-1994.
- (17)- Recursos hídricos y su importancia en el desarrollo de la Región de Murcia-Consejo Económico y Social de la Región de Murcia-1995.
- (18)- El sector hidroeléctrico español: presente y perspectivas de futuro-Eugenio Golvano-Iberdrola-Energía-Revista de ingeniería energética-1992.
- (19)- Planificación hidrológica y desarrollo Económico. El Trasvase Tajo-Segura-Cipriano Juárez Sánchez... Alicante 1991.
- (20)- El agua base del desarrollo de la Región de Murcia-Consejo de Cámaras de Comercio, Industrias y Navegación de la Región de Murcia. 1992. ●