

# HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DEL SOLAR HISPANO. LAS PRESAS EN ESPAÑA

**Miguel Arenillas Parra**  
Catedrático de Ingeniería Geológica  
Universidad Politécnica de Madrid



*Figura 1. Presa romana de Almonacid de la Cuba (río Aguasvivas, cuenca del Ebro), la de mayor altura de todas las conservadas de esa época en el mundo.*

Decía Estrabón<sup>(1)</sup> hace 2.000 años que Iberia era un país desigualmente regado. Y, efectivamente, así sigue siendo. Pues, como es bien sabido, en España (o mejor, en casi toda España) llueve poco y, además, llueve mal.

Como media, el territorio español recibe anualmente unas precipitaciones del orden de 346.000 hm<sup>3</sup>, equivalentes a unos 680 mm. Estas precipitaciones determinan unas escurrientías medias anuales de 111.000 hm<sup>3</sup> <sup>(2)</sup>, es decir, del orden de un tercio de la lluvia caída. Esta cifra conduce, en función de la población española -de algo menos de 40 millones de habitantes-, a unas disponibilidades teóricas de 2.900 m<sup>3</sup> por persona y año, inferiores en un 10% a las equivalentes de la Unión Europea (3.200 m<sup>3</sup>/hab/año), si bien en nuestro caso esta cifra media

---

<sup>1</sup> Estrabón: *Geografía*, III, 1.2.

<sup>2</sup> Estos datos hidrológicos y, en general todos los que figuran a continuación se han tomado de distintos documentos de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas y, en especial, del Libro Blanco de las Aguas en España (1998), que es el trabajo de síntesis más reciente sobre el tema; en cualquier caso, las diferencias que se detectan entre los distintos documentos consultados no son significativas a los efectos que aquí interesan.

se explique en gran parte por la relativa baja densidad de la población española (77 hab/km<sup>2</sup> frente a los 115 de la U.E.) (Tabla 1).

Dejando al margen las islas, que requerirían análisis específicos, si estas cifras generales se distribuyen según las grandes cuencas del territorio peninsular, las desigualdades a las que hacía referencia Estrabón empiezan a señalarse de modo evidente, pues hay un claro contraste entre cuencas atlánticas y mediterráneas, que se hace aún más acusado si de estas últimas se segrega el Ebro, cuyos afluentes pirenaicos -entre el Aragón y el Segre- marcan unas condiciones muy distintas de las generales del levante peninsular. Algo similar ocurre entre la cuenca del Norte, es decir, la formada por todos los ríos que desembocan al Océano Atlántico desde el Miño al Bidasoa, y todas las restantes, ya que la precipitación media en ese sector peninsular es del orden del doble o el triple que la de las demás cuencas, con un mínimo en la del Segura, donde sólo se alcanza el 28% de aquella.

CUENCAS	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm/año)	APORTACIÓN TOTAL	
			(hm <sup>3</sup> /año)	(m <sup>3</sup> /hab/año)
NORTE Y GALICIA COSTA	53.780	1.429	44.157	6.375
DUERO	78.960	625	13.660	6.750
TAJO	55.810	655	10.883	2.100
GUADIANA	60.210	537	5.475	3.750
GUADALQUIVIR	63.240	591	8.601	1.660
<b>TOTAL CUENCAS ATLÁNTICAS</b>	<b>312.000</b>	<b>745</b>	<b>82.776</b>	<b>3.950</b>
SUR	17.950	530	2.351	1.200
SEGURA	19.120	383	803	765
JÚCAR	42.900	504	3.432	1.040
EBRO	85.560	682	17.967	6.600
CUENCAS INT. CATALUÑA	16.490	734	2.787	500
<b>TOTAL CUENCAS MEDITERRÁNEAS</b>	<b>182.020</b>	<b>598</b>	<b>27.340</b>	<b>1.825</b>
<b>TOTAL PENÍNSULA</b>	<b>494.020</b>	<b>691</b>	<b>110.116</b>	<b>3.050</b>
ISLAS BALEARES	5.010	595	661	1.250
ISLAS CANARIAS	7.440	302	409	875
<b>TOTAL ESPAÑA</b>	<b>506.470</b>	<b>684</b>	<b>111.186</b>	<b>2.900</b>

Tabla 1. Distribución de los recursos hídricos en España.

Las diferencias aumentan cuando se consideran las escorrentías en vez de las precipitaciones, pues en el mismo sentido en el que disminuyen las lluvias aumentan la infiltración y la evapotranspiración y con ello se reduce la escorrentía superficial. De este modo, en las cuencas atlánticas, con un 63% de la superficie de la España peninsular se recoge el 75% de las aportaciones, quedando el 25% restante para las cuencas mediterráneas (37% del territorio). Resulta, en definitiva, que las aportaciones por unidad de superficie de la cuenca del Norte son casi quince veces mayores que las del Segura, ocho más que las del Júcar y entre tres y siete veces superiores que las de cada una de las restantes. O, lo que es lo mismo, en el Norte circula, como media, más del 50% de lo que llueve, mientras que en el Segura este valor se reduce al 11%, con cifras intermedias en las restantes cuencas, en las que sólo se supera el 30% en el Duero, el Tajo y el Ebro. En definitiva, en la Península hay un neto gradiente NO-SE, según el cual disminuyen precipitaciones y escorrentías.

Pero estos datos siguen siendo todavía bastante generales, pues si entramos con mayor detalle dentro de las grandes cuencas, las desigualdades se hacen casi siempre más patentes. Ocurre, por ejemplo, en el Ebro donde hay una clara disimetría entre los grandes afluentes izquierdos, alimentados desde el Pirineo, y los derechos, que reciben escorrentías mucho más modestas a lo largo de la Cordillera Ibérica. Algo similar pasa en el Duero, donde los ríos que nacen en la Cordillera Cantábrica superan claramente en aportaciones a los que llegan del Sistema Central. Y también en el Tajo, donde se repite la disimetría Norte-Sur, con magras aportaciones en los ríos que nacen en los Montes de Toledo.

Sobre estas diferencias espaciales se superponen nuevos desequilibrios temporales de carácter inter e intraanual, que son los que, en última instancia, determinan, según se verá más adelante, las dificultades para lograr un adecuado aprovechamiento de los caudales transportados por nuestros ríos. Estos efectos, además, se suman en general a los derivados de la mayor o menor precipitación recibida por cada cuenca, pues es una norma, casi sistemática en el territorio español –y en otros de climas similares, como es obvio–, que donde llueve menos, llueve también peor; es decir, en estas zonas las precipitaciones tienen una distribución mucho más aleatoria, que se refleja no sólo con carácter interanual sino también año por año. Considerando las aportaciones medias mensuales de los distintos ríos españoles se observa, según lo dicho, que los mayores contrastes se presentan en las áreas más secas, donde las aportaciones de los meses más lluviosos frente a las de los más secos pueden ser, por lo menos, cincuenta veces superiores, con años concretos -los de menor pluviometría- en los que esta relación tiende a infinito, simplemente porque durante los períodos de estiaje el agua deja de correr por los cauces.

CUENCAS	APORTACIÓN TOTAL EN RÉGIMEN NATURAL (hm <sup>3</sup> /año)	RECARGA EN RÉGIMEN NATURAL (hm <sup>3</sup> /año)	RELACIÓN RECARGA/ APORTACIÓN TOTAL (%)
NORTE Y GALICIA COSTA	44.157	10.950	25
DUERO	13.660	3.000	22
TAJO	10.883	2.393	22
GUADIANA	5.475	750	14
GUADALQUIVIR	8.601	2.343	27
<b>TOTAL CUENCAS ATLÁNTICAS</b>	<b>82.776</b>	<b>19.436</b>	<b>23</b>
SUR	2.351	680	29
SEGURA	803	588	73
JÚCAR	3.432	2.492	73
EBRO	17.967	4.614	26
CUENCAS INT. CATALUÑA	2.787	909	33
<b>TOTAL CUENCAS MEDITERRÁNEAS</b>	<b>27.340</b>	<b>9.283</b>	<b>34</b>
<b>TOTAL PENÍNSULA</b>	<b>110.116</b>	<b>28.719</b>	<b>26</b>

*Tabla 2. Recargas a los acuíferos en régimen natural.*

No obstante, en algunas zonas del sur y el levante de la Península, donde predominan las formaciones carbonatadas, este factor negativo queda en parte paliado por la importante proporción de agua infiltrada en los terrenos de geología favorable y por su posterior surgencia hacia los ríos después de recorridos más o menos prolongados, pero siempre más lentos que en superficie, a lo largo de los acuíferos, lo que determina caudales significativos, aunque dentro de unas cifras en general modestas, durante los períodos de estiaje. Tienen especial importancia estos caudales subterráneos, por lo que luego se dirá, en las cuencas del Júcar y el Segura (Tabla

2) y también en otras áreas más localizadas de la Península, pues, en definitiva, el nivel de base de los ríos viene en gran medida determinado por estas surgencias de aguas previamente infiltradas en el terreno.



*Figura 2. Restos de la presa romana de Alcantarilla (río Guajaraz, cuenca del Tajo) en el abastecimiento de agua a Toletum.*

Un tipo de regulación natural, similar al anterior, aunque de origen muy distinto, es el producido por la precipitación en forma de nieve que, en condiciones climáticas favorables, puede mantenerse sin fundir durante muchos meses, lo que retrasa, como es evidente, la escorrentía derivada de esa precipitación. Este fenómeno tiene especial significación, en España, en el sector central del Pirineo, desde la cabecera del Aragón a la del Segre, y en menor medida en el núcleo central de Sierra Nevada, en la cabecera del Genil -sobre todo- y en el Guadalfeo. En los sectores oriental y occidental del Pirineo y en las restantes cordilleras españolas - Cantábrica y Sistemas Central e Ibérico, en particular- las elevaciones térmicas, que muchos años se producen durante el invierno, suelen determinar importantes fusiones parciales que conducen a escorrentías menos concentradas en el tiempo y, por tanto, a unas condiciones menos efectivas de la regulación. Incluso, en ocasiones, estas fusiones parciales se producen en coincidencia con períodos de fuertes lluvias, a cuyas escorrentías se suman, dando lugar, a veces, a crecidas e inundaciones de gran magnitud.

En el Pirineo central, que es donde la regulación nival es más significativa, la fusión principal se produce entre mayo y julio y supone una fracción importante -del 10 al 20%- de los caudales transportados anualmente por el Ebro, más aún si se tiene en cuenta que las cabeceras nivales de los ríos antes indicados cubren sólo unos 5.000 km<sup>2</sup> de los 86.000 km<sup>2</sup> totales de la cuenca. En cualquier caso, la aportación derivada de la fusión de la nieve y entregada al Ebro por el Aragón, el Gállego, el Cinca y el Segre oscila entre el 40 y el 50% de la total recogida por estas cuencas. Y además, es proporcionalmente mayor esta aportación en los años secos que en los húmedos, pues la precipitación nival en alta montaña es más regular que la lluvia en el resto de la cuenca del Ebro. Esto conduce a que en los ríos del Pirineo central las aportaciones medias durante los meses en los que transportan mayores caudales no suelen superar en más de tres veces las correspondientes a los meses más secos<sup>(3)</sup>.

---

<sup>3</sup> Sobre estas cuestiones puede verse MOPU: *La nieve en el Pirineo español*, Madrid, 1988 y todos los Anuarios que con el título de *La nieve en las cordilleras españolas* viene publicando la Dirección General de Obras Hidráulicas desde 1992 dentro del programa ERHIN, con datos que se inician en el año hidrológico 1986/87.

ÁMBITO	REGULADO CON DEMANDA VARIABLE		REGULADO CON DEMANDA UNIFORME	
	hm <sup>3</sup> /año	%	hm <sup>3</sup> /año	%
NORTE Y GALICIA COSTA	2.739	8	3.119	9
DUERO	742	6	892	7
TAJO	490	5	605	6
GUADIANA	51	1	41	1
GUADALQUIVIR	208	3	132	2
TOTAL CUENCAS ATLÁNTICAS	4.230	6	4.789	7
SUR	18	1	16	1
SEGURA	192	25	225	30
JÚCAR	771	28	924	34
EBRO	1.819	11	2.795	16
CUENCAS INTERNAS CATALUÑA	190	11	177	10
TOTAL CUENCAS MEDITERRÁNEAS	2.990	13	4.137	17
TOTAL PENÍNSULA	7.220	8	8.926	9

Tabla 3. Volúmenes regulados en régimen natural.

Pues bien, a pesar de esta cierta regulación natural en algunos ríos, la realidad es que las condiciones climáticas propias del territorio español conducen a una situación general muy poco favorable para el aprovechamiento de los caudales que circulan por nuestros cauces. Concretamente en la España peninsular (y más aún en las islas, donde prácticamente no hay ríos, sobre todo en Canarias) los recursos regulados en régimen natural, es decir, los que pueden tomarse directamente de los ríos sin necesidad de embalses, son muy escasos y dependen, lógicamente, de la distribución estacional de las demandas, prácticamente constantes si se trata de demandas urbanas y variables cuando interviene la demanda agrícola. La Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas ha estudiado el tema recientemente<sup>(4)</sup> y llega en el primer caso (demanda constante) a un aprovechamiento posible de tan sólo el 9% de los recursos totales, que se reduce al 8% cuando se considera una demanda variable. La distribución por cuencas hidrográficas es la que figura en la Tabla 3, de cuyos datos cabe extraer algunas consideraciones de interés a los efectos que ahora interesan.

La regulación natural es mayor en las cuencas mediterráneas que en las atlánticas, lo cual viene determinado básicamente, y según lo dicho, por una geología más favorable a la infiltración. De todas estas cuencas destacan las del Júcar (28%) y el Segura (25%), donde el dominio de las formaciones carbonatadas es evidente. No obstante, la baja pluviometría en ambas cuencas, sobre todo en la del Segura, determina unas disponibilidades relativamente modestas, que, si bien fueron muy útiles -y utilizadas- en tiempos históricos, dejaron de ser suficientes hace ya mucho tiempo por el lógico incremento de las demandas. En el Ebro (11%) se deja sentir, sin duda, la componente nival en la alimentación de los grandes afluentes pirenaicos, que queda, sin embargo, enmascarada en la cifra media general, en la que también se diluyen las importantes carencias de algunos sectores del ámbito ibérico de la cuenca. Y aunque en este caso las disponibilidades naturales no son bajas, también hace tiempo que fueron superadas por la demanda agrícola.

<sup>4</sup> Libro Blanco del Agua en España, 1998, pp. 207-212.



Figura 3. Presa romana de Cornalvo (río Albarregas, cuenca del Guadiana) en el abastecimiento a Augusta Emerita.

En las cuencas atlánticas los resultados son más homogéneos aunque con unos mínimos claros en el Guadalquivir (3%) y, sobre todo, el Guadiana (1%). En ambos casos estos reducidos valores medios son el resultado de las importantes diferencias geológicas de los distintos ámbitos de cada cuenca, pues los efectos de las infiltraciones en determinados sectores de geología favorable quedan atenuados por la baja permeabilidad de los materiales de otras zonas más extensas. Además, en el Guadiana la infiltración está limitada por la geometría de los extensos acuíferos de La Mancha occidental, con espesores proporcionalmente muy reducidos, lo cual determina que, entre todas las cuencas peninsulares, sea ésta la que presente los porcentajes de infiltración más bajos, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2.

ÁMBITO	URBANA	INDUSTRIAL	REGADÍO	REFRIGER.	TOTAL
NORTE Y GALICIA COSTA	770	580	1.064	97	2.511
DUERO	214	10	3.603	33	3.860
TAJO	768	25	1.875	1.397	4.065
GUADIANA	157	84	2.285	5	2.531
GUADALQUIVIR	532	88	3.140	0	3.760
<b>TOTAL CUENCAS ATLÁNTICAS</b>	<b>2.441</b>	<b>787</b>	<b>11.967</b>	<b>1.532</b>	<b>16.727</b>
SUR	248	32	1.070	0	1.350
SEGURA	172	23	1.639	0	1.834
JÚCAR	563	80	2.284	35	2.962
EBRO	313	415	6.310	3.340	10.378
CUENCAS INT.CATALUÑA	682	296	371	8	1.357
<b>TOTAL CUENCAS MEDITERRÁNEAS</b>	<b>1.978</b>	<b>846</b>	<b>11.674</b>	<b>3.383</b>	<b>17.881</b>
<b>TOTAL PENÍNSULA</b>	<b>4.419</b>	<b>1.633</b>	<b>23.641</b>	<b>4.915</b>	<b>34.608</b>
ISLAS BALEARES	95	4	189	0	288
ISLAS CANARIAS	153	10	264	0	427
<b>TOTAL ESPAÑA</b>	<b>4.667</b>	<b>1.647</b>	<b>24.094</b>	<b>4.915</b>	<b>35.323</b>

Tabla 4. Demandas actuales.

Si frente a estas cifras de disponibilidades naturales se analiza el cuadro de las demandas actuales (Tabla 4), se puede comprobar fácilmente que nada tienen que ver unas con otras, pues en todas las cuencas, si se exceptúa la del Norte, las demandas superan -hasta en varios órdenes de magnitud- a las disponibilidades. Y, sin embargo, en la actualidad, la mayor parte de esas demandas están cubiertas. La explicación radica, como es notorio, en las sucesivas y sistemáticas actuaciones sobre el medio hídrico que, desde tiempos muy antiguos, ha sido preciso realizar en los ríos españoles para incrementar la regulación natural al tiempo que lo hacían las demandas. Y si no se hubiese hecho así, es evidente que el paisaje español sería muy distinto del actual, pues la ocupación del territorio y los usos del suelo, por lo menos, poco tendrían que ver con lo que son hoy en día. Todas estas intervenciones sobre el medio hídrico se han debido acomodar, a lo largo de la historia, a los medios disponibles y a las condiciones climáticas vigentes en cada momento.

Desde el final del Pleistoceno, hace unos 15.000 años, el clima se ha ido suavizando con un aumento progresivo, aunque lento, de las temperaturas, si bien con una sistemática alternancia de períodos más fríos con otros más cálidos y de épocas más lluviosas con otras más secas. Se sabe, por ejemplo -a través de numerosos indicadores- que en época romana el clima en Hispania debió de ser algo más cálido que el actual, con precipitaciones ligeramente menores aunque quizá mejor repartidas en el tiempo<sup>(5)</sup>. Esta situación se suele justificar a partir de la información agronómica disponible, pero está corroborada también por algunos restos bien conservados de la ingeniería romana. Rothlisberger<sup>(6)</sup> ha identificado en distintos valles suizos - en particular en el de Ferpeclé, cerca de Zermatt-, una serie de caminos romanos, cubiertos parcialmente en la actualidad por glaciares, bajo cuyas masas heladas desaparecen en ciertos tramos. Este hecho determina, para aquella época, una posición de los hielos permanentes más elevada que la actual y, por ello, unas temperaturas medias algo más altas, probablemente asociadas con unas precipitaciones menores que las actuales.

En unas condiciones climáticas de este tipo -aunque sin duda ligeramente distintas en Hispania- y, en cualquier caso, no muy diferentes de las actuales, los ingenieros romanos tuvieron que actuar sobre determinados ríos españoles para poder asegurar -o intentarlo, al menos- los volúmenes de agua necesarios para el abastecimiento de numerosas ciudades creadas de nueva planta o desarrolladas en aquella época, y también para atender las demandas de numerosas zonas regables, algunas muy importantes, que se establecieron entonces. Para ello tuvieron que recurrir, en muchas ocasiones, a la construcción de presas de regulación y también a captaciones de aguas subterráneas. Los restos conservados han permitido identificar del orden de cincuenta presas de aquella época, de las cuales algunas se pueden incluir, con la terminología actual, en el grupo de las grandes presas, mientras que las restantes son, en su mayor parte, obras de menor entidad, aunque también de regulación, con un grupo más reducido de simples azudes de derivación<sup>(7)</sup>.

Aunque éstas son las primeras actuaciones dirigidas a la regulación de los ríos españoles de las que se tiene noticia constatada, tiene que haber, sin duda, otras intervenciones más antiguas, todavía sin identificar. La Tabula Contrebiensis (87 a.C.)<sup>(8)</sup>, aunque de época

---

<sup>5</sup> Font Tullot, I.: *Climatología de España y Portugal*, Madrid, 1983; *Historia del clima de España*, Madrid, 1988.

<sup>6</sup> Rothlisberger, F.: *8000 Jahre Waliser Gletschergeschichte...* Diss. phil. Zurich, 1976.

<sup>7</sup> Sobre estas cuestiones trata la tesis doctoral, en fase muy avanzada de redacción, que está desarrollando el Ingeniero de Caminos Juan Carlos Castillo.

<sup>8</sup> También conocida como Broce de Botorrita 2 por el nombre actual de la antigua Contrebia Belaisca, ciudad importante de los celtíberos del valle del Ebro, y por ser la segunda inscripción de este tipo de las cuatro localizadas en Botorrita (Cf. Beltrán Llorís, F.: "La vida en la frontera", en *Roma en la cuenca media del Ebro*, Zaragoza, 2000, pp. 54 y 55). Otro bronce, posterior al citado, el de Agón (s. II) recoge las disposiciones que regulaban las actuaciones de los regantes de un canal que discurría por la

romana, se refiere a un litigio de aguas entre comunidades celtibéricas de la cuenca del Ebro, que podría estar en relación con aprovechamientos anteriores a la ocupación romana de Hispania. No hay que olvidar al respecto que la construcción de presas de regulación o almacenamiento de agua tiene antecedentes en el área mediterránea y ámbitos próximos que se remontan a los albores del tercer milenio antes de Cristo (Tabla 5).



*Figura 4. Presa romana de Proserpina (arroyo de las Pardillas, cuenca del Guadiana), construida durante la época de Trajano para el abastecimiento a Augusta Emerita.*

En España se conservan al menos cinco grandes presas romanas, que se sitúan, precisamente, en ámbitos donde la regulación natural de los ríos es baja o muy baja. Entre ellas destaca la de Almonacid de la Cuba<sup>(9)</sup>, sobre el río Aguasvivas, afluente derecho del Ebro en tierras aragonesas. Esta presa, con sus 34 m de altura, es probablemente la más alta de todas las construidas por los romanos y, por la información disponible, la mayor de todas las conservadas de esa época. Es obra del siglo I y el embalse que formó en origen -hoy totalmente aterrado<sup>(10)</sup>- sirvió para atender un importante regadío en las inmediaciones de Belchite y quizá para abastecer de agua a la ciudad romana de Celsa, cuestión que aún no se ha podido demostrar. En la actualidad la presa de Almonacid -con pocas reparaciones y casi todas de época romana- sirve todavía de azud de derivación de los caudales del Aguasvivas, regulados río arriba en la presa de Moneva, que se construyó en las primeras décadas del siglo XX.

Otra de las cinco grandes presas antes citadas es la de Muel, unos veinte metros más baja que la anterior y situada en el Huerva, también afluente derecho del Ebro. El embalse en este caso también está aterrado y la presa fuera de servicio, pero en origen sirvió para el abastecimiento de Caesaraugusta, complementando por lo menos a otros dos sistemas construidos con el mismo fin. Por un lado el que tenía su origen en el Gállego, cuyas aguas se derivaban mediante un azud y eran conducidas hasta la ciudad a través de un largo canal (todavía parcialmente en uso, aunque dedicado al regadío), que cruzaba el Ebro por medio de tuberías apoyadas sobre el primitivo Puente de Piedra; y, por otro el que venía del Jalón, que se

---

zona de Gallur, Borja y Cascante, también en el valle del Ebro (Cf. Martín Bueno, M.: “La vida en el campo”, también en el libro más arriba citado, p. 151).

<sup>9</sup> Arenillas, M.; Díaz-Guerra, C. y Cortés, R.: “La presa romana de Almonacid”, en VV.AA.: *La presa de Almonacid de la Cuba. Del mundo romano a la Ilustración en la cuenca del río Aguasvivas*, Madrid, 1996.

<sup>10</sup> Hereza Domínguez, J.I.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra, C. y Cortés Gimeno, R.: “Un ejemplo histórico: el aterramiento del embalse romano de Almonacid de la Cuba”, *V Jornadas españolas de presas*, Valencia, 1996, pp. 111-125

derivaba probablemente cerca de su desembocadura en el río mayor en una obra que no se ha conservado, como tampoco el canal de conducción, quizá sustituido, al menos en parte, por el Canal Imperial, ideado en época de Carlos V y concluido doscientos años después<sup>(11)</sup>.

FECHA	NOMBRES	PAÍS	ALTURA (m)
3000 a.C.	Jawa	Jordania	5
2600 a.C.	Kafara	Egipto	14
1800 a.C. (*)	Mala'a	Egipto	7
1260 a.C.	Kofini	Grecia	10
Período hitita	Gölpurnar	Turquía	¿
s. VIII a.C.	Kesis Gölü	Turquía	15
s. VIII a.C.	Probatca	Israel	13
s. IV a.C.	Kandila	Grecia	11
s. III a.C.	Masawwarat	Egipto	15
s. II a.C.	Petra	Jordania	14
s. I a.C.	Asid	Yemen	19
s. I a.C.	Piscina (media) Salomón	Israel	12
s. I a.C.	Jubar	Yemen	11

(\*) Reconstruida en el s. III a.C.

*Tabla 5. Principales presas anteriores a nuestra era<sup>(12)</sup>*

Las otras grandes presas de época romana son las de Proserpina y Cornalvo<sup>(13)</sup>, en el abastecimiento de agua a Augusta Emerita, y la de Alcantarilla<sup>(14)</sup>, en el de Toletum, situadas las tres en zonas de muy baja regulación natural. Los tres sistemas se ajustan a un mismo patrón: embalses principales en cabeceras fluviales con cuencas alimentadoras de poca superficie, que se debían complementar con trasvases desde otras adyacentes, y largos recorridos en los canales de abastecimiento, que llegan a los 40 km en el caso de Toledo. La presa de Alcantarilla se arruinó durante una avenida, quizá incluso en época romana, pero las de Proserpina y Cornalvo siguen en servicio después de dos mil años, aunque dedicadas a otros usos distintos de los originales.

Los sistemas de Mérida, construido el de Cornalvo durante el siglo I y el de Proserpina en época de Trajano muy probablemente, complementaban a otro, quizá algo anterior aunque también de época romana, que tiene especial interés<sup>(15)</sup>. Se trata de una importante captación-conducción de aguas subterráneas, abierta en galería en los coluviones del borde de la sierra de

<sup>11</sup> VV.AA.: *El acueducto romano de Caesaraugusta*, Madrid, 1994.

<sup>12</sup> Según Schnitter, N.J.: *A History of dams*, Rotterdam, 1994.

<sup>13</sup> Celestino Gómez, R.: "Los sistemas romanos de abastecimiento de agua a Mérida. Estudio comparativo para una posible cronología". *Revista de Obras Públicas*, nº 3.187, diciembre 1980, Madrid, pp. 959-967.

Arenillas, M.; Martín, J. y Alcaraz, A.: "Nuevos datos sobre la presa de Proserpina", *Revista de Obras Públicas*, nº 3.311, junio 1992, pp. 65-69.

<sup>14</sup> Celestino Gómez, R.: "El pantano romano de Alcantarilla en Mazarambroz", *Toletum*, nº 7, 1976, pp. 162-178

Aranda Gutiérrez, F.; Carrobles Santos, J. e Isabel Sánchez, J.L.: *El Sistema hidráulico romano de abastecimiento a Toledo*, Toledo, 1997.

Arenillas, L.; Arenillas, M.; Díaz-Guerra, C. y Macías, J. M.: "El abastecimiento de agua a Toledo en época romana" en *Historia del abastecimiento y usos del agua en la ciudad de Toledo*, Madrid, 1999.

<sup>15</sup> Martín Morales, J.; Arenillas Parra, M.; Díaz-Guerra Jaén, C.; Cortés Gimeno, R.; Arenillas Girola, M. y Jiménez González, D.: "El abastecimiento de agua romano a Augusta Emerita" en *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, La Coruña, 22-24 de octubre de 1998, pp. 321-329.

Carija, al norte de la ciudad, que, ampliada en el siglo XIX, ha estado abasteciendo Mérida hasta hace no muchos años. El sistema, conocido como Rabo de Buey o Las Tomas, tiene antecedentes de unos tres mil años de antigüedad en el Oriente próximo y casi siempre se considera que fueron los musulmanes los que lo introdujeron en España. El clarísimo ejemplo de Mérida muestra, sin embargo, que los romanos lo aplicaron antes en nuestras tierras. Y, probablemente en este caso, para aprovechar la regulación natural de las aguas subterráneas, que al no ser suficientes en relación con las demandas, obligó a la construcción de los embalses de Cornalvo y Proserpina.



*Figura 5. La Pared de los Moros, de época romana, en la cuenca del río Aguasvivas*

En definitiva, las grandes intervenciones que llevaron a cabo los romanos en territorio español para incrementar las disponibilidades efectivas de los caudales transportados por los ríos, se sitúan, como es lógico, en aquellas zonas donde la regulación natural es escasa o resulta superada por las demandas. Este hecho está claramente en relación con la actividad general de los ingenieros hidráulicos romanos, según se puede comprobar por los restos conservados de las grandes presas de esa época: la mayor parte de ellas se localiza en áreas muy concretas del Imperio Romano donde las carencias hídricas o la falta de regulación natural eran más acusadas (Tabla 6). En otros ámbitos con mejores condiciones hidrológicas o unas disponibilidades naturales suficientes para las demandas de entonces, no les fue necesario actuar de ese modo, como se puede comprobar en el propio territorio español. Por ejemplo, en las cuencas levantinas de la Península, donde la huella romana es evidente, no quedan vestigios de grandes presas de regulación, aunque sí hay, sobre todo, restos de numerosos azudes de derivación. Señal indudable de que la alta regulación natural de los ríos de esas zonas resultó suficiente para las demandas de I<sup>a</sup> época, mucho más reducidas que las actuales.

En otros casos los romanos recurrieron a las fuentes y a los pozos, es decir, a las surgencias naturales o forzadas de las aguas subterráneas. Es la solución que, para algunas grandes obras, aplicaron, por ejemplo, en las cuencas del Guadalquivir y el Sur (y en otros muchos puntos del territorio español también). Así, abastecimientos tan importantes, como los de Córdoba, Cádiz o Sexi (Almuñécar), entre otros, se solucionaron con tomas en algunas fuentes -y poca o nula regulación-, pero a costa, en algunos casos, de larguísimas conducciones.

En la Edad Media y, sobre todo, durante los “años oscuros” de la Alta Edad Media, las circunstancias históricas del territorio español no debieron favorecer las intervenciones en el medio hídrico. No obstante, hay numerosas citas de molinos, batanes y otros sistemas hidráulicos que aprovechaban la energía fluvial, aunque con carácter intermitente en la mayoría

de los casos, como consecuencia de la baja regulación natural de la mayor parte de nuestros ríos y de la consiguiente variación temporal de los caudales circulantes.

NOMBRE	CIUDAD/PROVINCIA	PAÍS	ALTURA (m)
Almonacid de la Cuba	A. de la Cuba/Zaragoza	España	34,0
Proserpina	Mérida/Badajoz	España	21,6
Harbaqa	Palmyra	Siria	20,5
Cornalvo	Mérida/Badajoz	España	20,0
Alcantarilla	Mazarambroz/Toledo	España	20,0
Çevlik	Antakya	Turquía	16,0
Örükaya	Corum	Turquía	16,0
Muel	Muel/Zaragoza	España	13,0
Glanum	St. Rémy	Francia	12,0
Derb	Kasserine	Túnez	10,0
Mila	Mila	Argelia	10,0

*Tabla 6. Principales presas de época romana.<sup>(16)</sup>*

FECHA	NOMBRE	PAÍS	ALTURA (m)
s. VII-VIII	Qusaybah (Medina)	Arabia	30,0
s. VII-VIII	Qusaybah (Mecca)	Arabia	11,5
s. VII-VIII	Samallagi	Arabia	11,0
s. VII-VIII	Darwaish	Arabia	10,0
s. X	Soltan Mahmud	Afganistán	32,0
s. X	Sheshtaraz	Afganistán	25,0
s. X	Khan	Afganistán	15,2
1285	Saveh	Irán	25,0
- 1300	Kebar	Irán	26,0
- 1350	Kalat	Irán	26,0
s. XIV (?)	Kurit	Irán	60,0
s. XIV (?)	Salami	Irán	24,0
- 1400	Abbas	Irán	20,0
- 1450	Golestan	Irán	16,0
s. XV (?)	Torogh	Irán	20,0

*Tabla 7. Principales presas medievales en el mundo musulmán<sup>(17)</sup>*

En los territorios ocupados por los musulmanes a partir del siglo VIII la situación no debió ser muy diferente y tan sólo se desarrollan extensas zonas regables en las áreas donde la regulación natural es alta y no se precisaban, con las demandas de entonces, estructuras importantes de regulación. La mayor parte de estas zonas se organizaron sobre antiguos sistemas romanos, como ocurre, por ejemplo, en Murcia, donde las dos grandes acequias musulmanas -Alquibla y Aljufia- que tenían su origen en un importante azud sobre el Segura<sup>(18)</sup>, se dispusieron sobre las trazas de dos conducciones romanas que debían partir de una obra de

<sup>16</sup> Datos propios y tomados de N.J. Schnitter: *A History of Dams*, Rotterdam, 1994, op. cit.

<sup>17</sup> Cf. N.J. Schnitter, 1994, op. cit.

<sup>18</sup> El Azud de Murcia, hoy mal conocido por la Contraparada, que no es sino un elemento complementario de la obra principal. Véase sobre el tema: C.H. del Segura-Ingeniería 75: *Actuaciones para la rehabilitación del azud de la Contraparada*, Murcia, 1996 (inédito).

derivación situada aguas arriba de la actual, tal y como lo atestigua Al-Himyari en el siglo XIV<sup>(19)</sup>.

En muchas de estas zonas se comprueban los efectos favorables de la regulación natural (para demandas todavía relativamente bajas), pues ni los romanos en su momento, según lo dicho, ni los musulmanes después, recurrieron a las grandes presas para mejorar la regulación. Sin embargo en otros ámbitos del mundo musulmán poco favorecidos por las precipitaciones, se siguieron construyendo presas durante la Edad Media, algunas muy importantes (Tabla 7).

En la Baja Edad Media empiezan a intensificarse las intervenciones en los cauces fluviales, aunque todavía con obras de no mucha altura y casi siempre conectadas con algún ingenio hidráulico. En esta época los mecanismos que permiten transformar los movimientos circulares de los rodeznos en desplazamientos lineales habían alcanzado una notable eficiencia, lo que facilitó la instalación de pisones, batanes y sierras y, sobre todo, indujo el aprovechamiento de los caudales de muchos ríos hasta entonces poco o nada utilizados. Es decir, otro tipo de demanda, que irá creciendo desde entonces, introduce un nuevo factor para las intervenciones hidráulicas en los ríos.



*Figura 6. Ruinas del estribo izquierdo de la presa romana de la Ermita de la Virgen del Pilar, también en la cuenca del Aguasvivas.*

En esta época (a partir de la mitad del siglo XIV aproximadamente) se inicia un período climático más frío y lluvioso, que se agudiza a partir del siglo XVII y dura hasta mediados del siglo XIX. Es la llamada Pequeña Edad del Hielo, durante la cual progresan o se regeneran los glaciares que, desde final del Pleistoceno, habían retrocedido progresivamente, hasta su desaparición en algunos casos. En España este enfriamiento general supone la reactivación de, por lo menos, los glaciares del Pirineo central, alguno en Sierra Nevada y focos aislados en determinados puntos de la Cordillera Cantábrica, como los Picos de Europa, por ejemplo. En la actualidad, de todos ellos, y como consecuencia de la nueva elevación de las temperaturas que

---

<sup>19</sup> C.H. del Segura-Ingeniería 75: *Actuaciones para la rehabilitación del azud de la Contraparada*, Murcia, 1996 (op. cit.) y Muñoz Bravo, J.; Cortés Gimeno, R.; Arenillas Parra, M. y Díaz-Guerra Jaén, C.: “Evolución histórica del complejo hidráulico de La Contraparada”, *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, La Coruña, 22-24 de septiembre de 1998, pp. 338-342.

se inició hace, más o menos, 150 años, sólo se conservan unos cuantos aparatos, muy disminuidos y disgregados, en el Pirineo Central<sup>(20)</sup>.

Durante este largo período frío y lluvioso, los ríos debieron transportar más agua que en épocas históricas anteriores, aunque manteniendo la irregularidad espacial y temporal propia de nuestro territorio. El frío tuvo que conducir a la pérdida de vegetación en muchos interfluvios, lo que, unido a unas precipitaciones intensas y a las consiguientes mayores escorrentías, determinó el incremento de los arrastres sólidos que, a través de los principales cauces, alcanzaron las desembocaduras y las líneas de costa con volúmenes importantes. Según distintos estudios sobre el tema, durante este período el delta del Ebro alcanzó su máximo desarrollo histórico conocido, situación que, en buena lógica, cabe extrapolar a otras formaciones similares. Las modificaciones climáticas iniciadas en la segunda mitad del siglo XIX supusieron un nuevo cambio en la dinámica fluvial, con la consiguiente reducción de las aportaciones sólidas a las costas y la iniciación de procesos regresivos en los depósitos detríticos del litoral, que todavía se mantienen en la actualidad.



*Figura 7. Restos del estribo derecho de la presa de Malpasillo (s. XIV), la primera en España de cuya orden de construcción se ha localizado noticia escrita (río Aguasvivas).*

La modificación de los regímenes fluviales que supuso la Pequeña Edad del Hielo se pone en evidencia especialmente en las numerosas avenidas catastróficas documentadas para este período, mucho más frecuentes, por lo que parece, que las actuales<sup>(21)</sup>: ochenta y nueve grandes riadas del Guadalquivir en Sevilla entre 1407 y 1877, treinta inundaciones graves producidas por el Turia en Valencia entre los siglos XIV y XIX, *l'any del Diluvi* de 1716 -

---

<sup>20</sup> La situación de los glaciares actuales del Pirineo español y su evolución a lo largo de los últimos años puede verse en las publicaciones de la Dirección General de Obras Hidráulicas (Programa ERHIN) citadas en nota 3.

<sup>21</sup> Aparte de las numerosas historias locales y regionales que recogen estos datos, pueden consultarse también los distintos *Estudios sobre inundaciones históricas* en las diferentes grandes cuencas peninsulares, realizados por la Dirección General de Obras Hidráulicas en la década de los 80 del siglo pasado, donde se recogen numerosas referencias y citas bibliográficas sobre esta cuestión.

cuando se desbordaron la mayor parte de los ríos catalanes- o el catastrófico año de 1626, en el que las inundaciones se extendieron por toda la península, son simples muestras, aunque muy significativas, de lo que debió ser la situación de nuestros ríos en aquella época.

No obstante, con los datos disponibles poco más se puede decir sobre el tema, pero sí parece posible apuntar que las circunstancias climáticas de la Pequeña Edad del Hielo debieron condicionar en cierta medida las actuaciones hidráulicas en los ríos españoles. Pues aunque algunas grandes presas -y otras obras menores, pero de difícil ejecución- empiezan a construirse a partir del siglo XVI, la secuencia de estas intervenciones sigue un ritmo muy moderado - inferior, sin duda, al que mantuvieron los constructores romanos- hasta prácticamente vencido el siglo XIX. Y, sin embargo, durante estos siglos las demandas debieron ser casi siempre crecientes y la regulación natural de los ríos españoles de la misma proporción, en grandes números, que la actual.

En cualquier caso, el salto cualitativo importante en las intervenciones sobre el medio hídrico español no se produce hasta el siglo XVI, cuando, hacia 1500 se construye la presa del Castellar, cerca de Zafra. Los 19 m de altura de esta obra son ya del mismo orden que las dimensiones máximas de algunas de las grandes presas romanas, que serán finalmente superadas en 1594, cuando se levante la presa de Tibi, la más alta de Europa (46 m) durante doscientos años. Entre ambas fechas se habían construido los grandes azudes de Valdajos (1530) y El Embocador (1534) en el Tajo, lo que supone ya la intervención sobre uno de los principales ríos de la península y el planteamiento de grandes áreas de regadío, atendidas desde canales que tenían su origen en las indicadas obras de derivación. De esta época es la presa de Ontígola, una de las primeras presas españolas que no tenía como fin primordial el riego o el abastecimiento, pues en este caso Felipe II quería “*construir una laguna muy grande ... para que vengan a ella aves para la altanería*”<sup>(22)</sup>.

A lo largo de los siglos XVII y XVIII se siguieron regulando los ríos españoles, aunque casi siempre con obras localizadas en cauces secundarios, donde los problemas constructivos eran evidentemente menores (Tabla 8). Se empiezan a superar entonces las limitaciones que, en este sentido, habían tenido los ingenieros romanos. Pero, en todo caso, con las presas construidas a lo largo del siglo XVIII, que duplican, aunque con cifras todavía modestas, el número de las que había en servicio a finales del siglo anterior -24 frente a 12 -, se supera la altura conseguida en Tibi doscientos años antes y se cruza la barrera de los 10 hm<sup>3</sup> de capacidad de embalse<sup>(23)</sup>. Tales dimensiones -altura y volumen de embalse- se consiguen con la presa de Puentes en el Guadalentín, construida en el mismo emplazamiento que otra del siglo anterior, que se arruinó, y destruida asimismo por sifonamiento pocos años después de su puesta en servicio<sup>(24)</sup>. A finales del siglo XVIII se estaba construyendo también la gran presa de El Gasco, en el Guadarrama, con la que se pensaba llegar a una altura de 90 m y formar el embalse de cabecera de un importantísimo -y también insólito- canal que debería comunicar Madrid con Sevilla, de acuerdo con la idea del ingeniero Lemaur, aceptada en su día por Carlos III. La presa se abandonó a raíz de un grave accidente ocurrido durante la construcción<sup>(25)</sup>, y con ello el canal, cuyas ruinas -entre Torreldones y Las Rozas- sirven sólo de recuerdo de una idea rayana en la utopía y a contrapelo de la realidad hidrológica del territorio en el que debía situarse la obra.

---

<sup>22</sup> M. Arenillas, C. Díaz-Guerra y R. Cortés: “El mar de Ontígola: una obra singular del Renacimiento” en *Agua e ingenios hidráulicos en el valle del Tajo*, C.H. del Tajo, Madrid, 1998, pp. 95-137.

<sup>23</sup> Véase *Inventario de Presas Españolas*, MOPT, 1991.

<sup>24</sup> J. Bautista Martín y J. Muñoz Bravo: *Las presas del estrecho de Puentes*, Murcia, 1986.

<sup>25</sup> Sobre este tema puede verse: E. Garrandés: “La presa de El Gasco sobre el río Guadarrama”, *Bol. Inf. MOP*, nov. 1963, pgs. 20-25 y dic. 1963, pgs 26-29, así como T. Sánchez Lázaro: *Carlos Lemaur y el canal del Guadarrama*, Madrid, 1995.



*Figura 8. Presa de Ontígola (cuena del Tajo), desde aguas abajo. Se construyó por orden de Felipe II en el Real Sitio de Aranjuez para solaz de la Corte.*

FECHA	NOMBRE	RÍO	ALTURA (m)
1500 (?)	Castellar	Rivera de Alconera (Guadiana)	19,0
1530	El Embocador	Tajo	4,2
1530	Valdajos	Tajo	5,0
1572	Ontígola	Ontígola (Tajo)	7,0
1577	Albuera de Trujillo	Albuera (Tajo)	15,0
1586 (?) <sup>(1)</sup>	Almansa	Belén-Grande (Júcar)	23,0
1594	Tibi	Monegre (Júcar)	46,0
1640	Elche	Vinalopó (Júcar)	23,0
1648 <sup>(2)</sup>	Puentes I	Guadalentín (Segura)	22,5
1660	Granjilla	Aulencia (Tajo)	13,5
1693	Albuera-Casabaya	Casabaya (Guadiana)	16,8
1704	Arguís	Isuela (Ebro)	23,0
1728	Mezalocha	Huerva (Ebro)	45,0
1747	Albuera de Feria	Feria (Guadiana)	23,5
1776	Relleu	Amadorio (Júcar)	29,0
1788 <sup>(3)</sup>	Puentes II	Guadalentín (Segura)	50,0
1799 <sup>(4)</sup>	El Gasco	Guadarrama (Tajo)	90,0 <sup>(5)</sup>

(1) Posible recrecimiento de otra anterior, de edad incierta.

(2) Destruída por una avenida ese mismo año.

(3) Arruinada por sifonamiento en 1802.

(4) Fecha de paralización de las obras.

(5) Altura de proyecto; se abandonó con 54 m construidos.

*Tabla 8. Principales presas y azudes españoles (siglos XVI al XVIII).*

El siglo XIX supone un nuevo avance en la línea indicada, que deriva en gran medida - al igual que ocurre en otros campos de las obras públicas- de la creación de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos y Canales en 1799 y, como consecuencia de ello, de la aplicación de criterios científicos modernos en los proyectos, lo que determina unas mayores posibilidades de actuación en el medio hídrico. Los planteamientos de los Regeneracionistas que, en plena fase final del desmantelamiento del imperio, propugnan el incremento del regadío como base de la

recuperación económica del país, incitan a moverse en esa línea. No obstante, las propuestas de Costa -las más concretas- y de sus seguidores no acabarían de plasmarse hasta bastante después; de hecho, a finales del XIX sólo están en funcionamiento unas cincuenta grandes presas<sup>(26)</sup> (muchas de ellas realmente azudes), es decir, una cantidad similar a las que había en época romana.

De este modo, con la presión de unas demandas crecientes y en función de los lógicos avances en conocimientos y medios disponibles, muchas de estas ideas acabaron por plasmarse en un programa general de actuación: el Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933, redactado bajo la dirección de Manuel Lorenzo Pardo. Por avatares de muy distinto tipo este documento nunca fue aprobado, aunque al haberse recogido gran parte de sus propuestas en el Plan de Obras Públicas de 1940<sup>(27)</sup>, muchas de las obras hidráulicas planteadas en 1933 son las que se han venido realizando a lo largo de los últimos sesenta años.

El Plan de Lorenzo Pardo tiene, entre otros grandes méritos, el de atender de modo especial la hidrología, para lo que utiliza la información recogida en las estaciones de aforo entonces disponibles. Y, de hecho, la relación de obras que enumera, cuenca por cuenca, en su estudio, constituye en el fondo una relación de las posibilidades que había, distribuidas por categorías, para alcanzar unos buenos niveles de regulación en las distintas cuencas del territorio peninsular.



*Figura 9. Presa de Almansa, recreada en el siglo XVI sobre otra de edad incierta.*

El resultado ha sido una intervención de carácter exponencial en el medio hídrico durante el último siglo, que tiene un claro reflejo en la evolución del número de presas construidas a lo largo de esos años. Así frente a las 187 que había en España en 1933 (lo que ya supone un importante incremento respecto de las 50 contabilizadas a finales del siglo XIX), se pasa a 267 en 1950 para acercarse en la actualidad a las 1.300<sup>(28)</sup>. Para explicar este número de presas hay que tener en cuenta que, además de las intervenciones en los ríos encaminadas al

---

<sup>26</sup> *Inventario de presas españolas*, MOPT, Madrid, 1991.

<sup>27</sup> Sobre las vicisitudes que sufrió el Plan de 1933 puede verse la edición comentada que publicó el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente en 1993, donde se reproduce casi en su integridad el original de 1933, acompañado de diversos estudios de varios autores.

<sup>28</sup> *Inventario de presas españolas*, MOPT, Madrid, 1991.

abastecimiento y el regadío (que son las más numerosas), también han aumentado, y de modo muy importante durante los últimos cien años, las presas de carácter industrial, en particular las construidas para la producción de energía hidroeléctrica. Y, si bien con ello España resulta ser, en estos momentos, uno de los países con mayor número de presas construidas (aspecto que se acentúa si las cifras correspondientes se comparan con la superficie o el número de habitantes de cada país), la realidad es que el incremento anotado para este tipo de obras -sobre todo en lo que se refiere a las últimas décadas- es muy parecido al que conducen las cifras mundiales, ya que de las 36.000 grandes presas que hay actualmente -o había hacía ocho años- en el mundo, el 85% se ha construido después de 1950 y la casi totalidad del 15% restante en los doscientos años anteriores<sup>(29)</sup>.

Todo este largo y complejo proceso, acelerado durante los últimos cincuenta años del siglo pasado y todavía necesariamente en marcha, ha tenido como guía -según he tratado de explicar en las páginas anteriores- la necesidad de incrementar la baja regulación natural de los ríos españoles, determinada a su vez por unas específicas condiciones climáticas y geológicas, que inducen una hidrología enormemente restrictiva en lo que a disponibilidades efectivas se refiere. Frente a esta hidrología adversa -o, en todo caso, muy limitativa respecto de las posibilidades de ocupación del territorio y usos del suelo- ha tenido que surgir la hidráulica como elemento corrector de unas condiciones de partida tan poco favorables.

Ello ha conducido a una situación como la actual, en la que, con unas 1.300 presas construidas en nuestros ríos, se ha estimado<sup>(30)</sup> un nivel de regulación, con demanda variable, que determina unas disponibilidades actuales de más de 39.000 hm<sup>3</sup> como media, al año, es decir, más de cinco veces por encima de la correspondiente al régimen natural (Tabla 9).

ÁMBITO	CAPACIDAD DE EMBALSE TOTAL (hm <sup>3</sup> )	REGULADO CON DEMANDA VARIABLE	
		hm <sup>3</sup> /año	%
NORTE Y GALICIA COSTA	4.409	7.383	21
DUERO	7.667	6.095	49
TAJO	11.135	5.845	54
GUADIANA	9.619	2.150	42
GUADALQUIVIR	8.867	2.819	35
TOTAL CUENCAS ATLÁNTICAS	41.697	24.292	34
SUR	1.319	359	26
SEGURA	1.223	626	83
JÚCAR	3.349	2.095	76
EBRO	7.702	11.012	64
CUENCAS INTERNAS CATALUÑA	772	791	46
TOTAL CUENCAS MEDITERRÁNEAS	14.365	14.883	63
TOTAL PENÍNSULA	56.062	39.175	41

Tabla 9. Capacidad de embalse y volúmenes regulados en la actualidad.

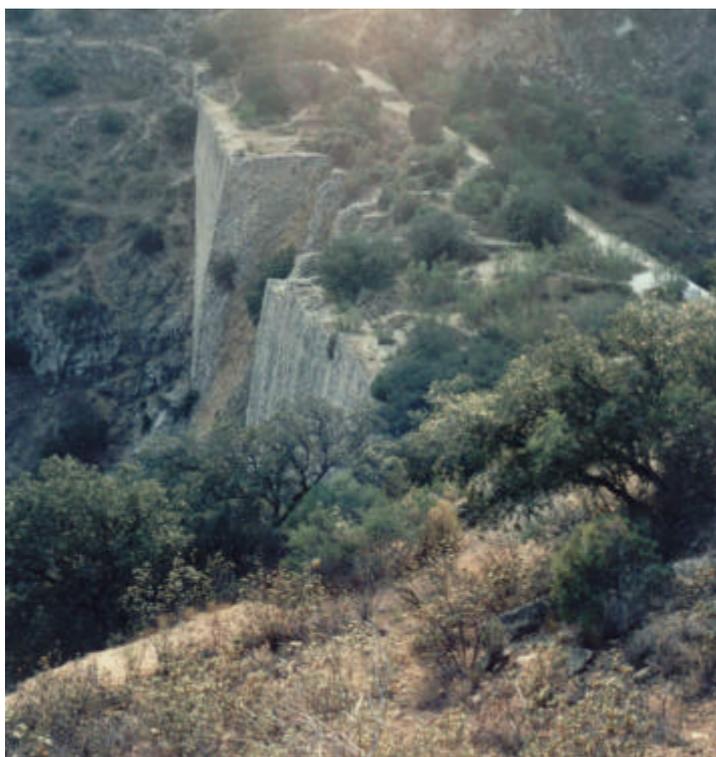
Esta cifra total, que supone del orden del 40% de las aportaciones totales de los ríos españoles, habría que retocarla a la baja para ajustarla a la realidad, pues en su cálculo se han considerado todos los embalses en concesión sin limitaciones de ningún tipo y también los situados en los tramos fronterizos, o próximos a la frontera con Portugal, de los ríos Duero y Tajo, cuyas aguas poco o nada se aprovechan en España. Pues bien, así y todo, y como mero

<sup>29</sup> Cf. W. Pircher en la introducción al libro de Schnitter antes citado.

<sup>30</sup> Libro Blanco del Agua en España, Madrid, 1998, pp. 214-220.

elemento de referencia, cabe señalar que una regulación del orden de la indicada, que en España ha supuesto actuaciones importantísimas en nuestros ríos, se alcanza en régimen natural, es decir, sin intervenciones de ningún tipo, en otras regiones donde las precipitaciones son más abundantes y mejor distribuidas en el tiempo, el centro de Europa, por ejemplo.

En cualquier caso, con la regulación hasta ahora alcanzada -que, por lo dicho, será algo menor que la indicada- y el aprovechamiento de las aguas subterráneas -otros 5.000 hm<sup>3</sup>/año, aproximadamente- se atienden, aunque no siempre en la misma medida y con idéntica garantía, la mayor parte de las demandas de los casi cuarenta millones de habitantes que hay en España, cuya distribución y características son las que se indicaron en la tabla 4. No obstante, todavía hay cuencas deficitarias -y algunos sectores del mismo carácter en cuencas excedentarias-, cuyas carencias tendrán, razonablemente, que cubrirse. Para ello, lo lógico sería, en primer lugar, incrementar la regulación de los recursos propios, pero esto no siempre es viable; a veces por el bajo nivel de las precipitaciones y en otras ocasiones por condicionantes de tipo geológico o, incluso, simplemente orográfico. Como ocurre, por ejemplo, en algunos sectores de la cuenca del Norte -la de mayores disponibilidades del territorio español- cuyas demandas han tenido que ser atendidas, en varios puntos, desde el Ebro.



*Figura 9. Presa de El Gasco en el río Guadarrama, un intento fallido de la Ilustración*

En estos casos de carencias agudas y difícil -por no decir imposible- solución con los recursos propios (y, sobre todo, cuando se trata de cantidades importantes), habrá que recurrir nuevamente -tal y como se viene haciendo desde, por lo menos, la época romana- a la transferencia de caudales desde otras áreas excedentarias. Y, si se opta por esa línea de actuación, no cabe duda de que es mucho lo que todavía queda por hacer.