

# Sequías en la Península Ibérica: records históricos y leyes de frecuencia

JOSÉ RAMÓN TÉMEZ PELÁEZ (\*)

**RESUMEN** Se utiliza la información de las series largas de registros pluviométricos para determinar las leyes de frecuencia de la sequías anuales en todo el territorio de la Península Ibérica, que se presentan de forma sencilla para una cómoda y directa aplicación, y se consideran útiles para la planificación y la gestión de los recursos hídricos. Por otra parte se muestran la variación espacial de los records o lluvias mínimas habidas en la historia de los registros que se inician en el siglo XIX, y las fechas en que se produjeron los caudales mínimos en los ríos de las diferentes regiones españolas.

## DRAUGHTS, IBERIAN PENINSULA, LAWS OF FREQUENCY, HISTORIC RECORDS OF RAINFALLS AND DISCHARGES

**ABSTRACT** Information from long series of rainfall records is used to determine the draught frequency laws for the annual draughts in the whole Iberian Peninsula territory. These laws are shown in a simple way for a convenient and direct application, which is considered useful for water resources planning and management. On the other hand, the historic records of annual rainfall are shown, including the minimum values recorded since the 19<sup>th</sup> century, as well as the dates of the driest years in rivers of the different Spanish regions since 1911.

**Palabras clave:** Sequías, Península Ibérica, Leyes de frecuencia, Records históricos de lluvias y caudales.

### 1. LOS DATOS BÁSICOS

Los datos básicos utilizados en el artículo son las series largas de registros pluviométricos indicados en la tabla 1 que, salvo pequeñas modificaciones, coinciden con las ya presentadas en la Referencia 4. Son fruto de los trabajos de recopilación y revisión de Carlos Almarza y su equipo colaborador del Instituto Nacional de Meteorología, con una pequeña aportación del autor.

La información de caudales procede de la Base Hidro gestionada por el CEDEX.

### 2. LEYES DE FRECUENCIA ANUALES

Se ha utilizado el modelo de ley logarítmica-Normal, habitual para este tipo de series (Ref. 1, pag. 147), y el ajuste se hizo gráficamente empleando la fórmula general de frecuencia experimental:

$$F = \frac{n - a}{N + 1 - 2a}$$

donde:

$n$  = número de orden desde el menor al mayor valor.

$N$  = número total de datos.

$F$  = frecuencia estimada de no ser excedido el valor.

El parámetro " $a$ " varía entre 0 y 0,5 según el modelo de ley y Cunnane recomienda 3/8 para la distribución Normal y sus transformadas (Ref. 2, pag. 26).

El periodo de retorno es  $T = \frac{1}{F}$

Los valores con periodos de retorno entre 20 y 100 años son los de mayor interés para la planificación y gestión de las sequías. A ellos se les ha prestado especial atención en los ajustes y se han podido determinar con satisfactoria precisión pues, al tener las series un gran número de años de registro, el proceso se reduce a una simple interpolación sin necesidad de extrapolar la ley más allá de los datos experimentales.

El cálculo se ha repetido en dieciséis lugares de la geografía peninsular donde se dispone de series de lluvias con mas de cien años de antigüedad sin lagunas importantes, al menos en los periodos detectados como críticos en otros pluviómetros de la región. Excepcionalmente se han admitido también dos series de Valladolid-Villanubla y Faro con menor número de datos, debido a la ausencia de mejores estaciones en las proximidades y cubrir presumiblemente los periodos críticos de la zona.

No se ha trabajado con los valores absolutos de las lluvias anuales sino con las relaciones de los mismos a sus respectivas medias interanuales, es decir con los índices pluviométricos. Ese tratamiento adimensional facilita la extrapolación de los resultados puntuales de los pluviómetros a la generalidad del territorio peninsular. La traducción a valores absolutos sólo requiere el conocimiento adicional de la lluvia media del lugar.

Los resultados de cálculo en los distintos puntos ofrece la familia de leyes de frecuencia representadas por las rectas de la figura 1, susceptibles de ser traducidas a expresiones analíticas mediante fórmulas logarítmicas-normales. Al tratarse de índices adimensionales relativos a

(\*) Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX.

## SEQUIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: RECORDS HISTÓRICOS Y LEYES DE FRECUENCIA

Entorno Geográfico	Estación	Datos Homogéneos		
		Período	Años completos	Lluvia media (mm)
Albacete	8178 – Instituto 8175 – Los Llanos	1866-1936	60	347
		1939-Actual	58	363
Alicante	8025-E – Instituto 8025 – Ciudad Jardín	1876-1938	58	362
		1938-1989	49	361
Badajoz	4478 – Instituto 4452 – Base Aérea	1866-1901 y 1911-1984	102	470
		1955-Actual	42	492
Barcelona	10201-E – Universidad 10200-E – Fabra	1860-1936	75	543
		1917-Actual	77	627
Bilbao	1077-C – Bilbao Histórica 1082 – Sondica	1865-1920	55	1194
		1947-Actual	51	1227
Cáceres	3469 – Ciudad	1907-1982	73	504
Gerona	10370 – Ciudad	1911-1977	51	806
Granada	5515-A – Universidad 5514 – Base Aérea	1865-1938	57	450
		1938-Actual	60	383
Huesca	9901-F – Instituto 9898 – Monflorite	1893-1948	56	507
		1943-Actual	55	550
Jaén	5270 - Instituto	1867-1958	88	627
Madrid	3195-Z – Astronómico 3195 – Retiro	1859-1900	42	413
		1901-Actual	97	434
Málaga	6171 – Ciudad 6155-A – Aeropuerto	1934-1985	51	502
		1943-Actual	57	545
Murcia	7182-C – Instituto 7228 - Alcantarilla	1863-1954	90	323
		1945-Actual	59	301
Oviedo	1246 – Universidad 1249-I – El Cristo	1894-1933	41	958
		1972-Actual	28	977
Pamplona	9262-A – Instituto	1880-1932	50	754
Pontevedra	1484 – Instituto	1897-1949	47	1498
San Fernando	Cádiz – Urrutia 5972 – San Fernando 5973 – Cortadura	1839-1881	43	512
		1839-1863 y 1885-1989	105	582
		1955-Actual	43	576
San Sebastián	1024-E – Igueldo	1928-Actual	71	1567
Santiago de Compostela	1475 – Univers. (Jardín) 1475 – Univers. (Terraza) 1428 – Aeropuerto	1865-1894	30	1666
		1906-1956	50	1470
		1948-Actual	53	1872
Sevilla	5787-D – Instituto 5790 – Tablada 5783 – Aeropuerto	1881-1930	50	577
		1923-Actual	75	574
		1951-Actual	49	580
Soria	2030-C – Instituto 2030 – Observatorio	1884 – 1943	57	555
		1943-Actual	56	531
Teruel	8369-B – Instituto	1890-1935	45	382
Toledo	3259 – Lorenzana	1908-1982	72	374
Tortosa	9980 – Arrabal 9981-A – Observatorio	1880-1904	25	516
		1905-Actual	94	533
Valencia	8416-A – Universidad 8416 - Viveros	1864-1937	7162	460
		1937-Actual		440
Zaragoza	9434-V – Instituto 9443-D – Fac. Ciencias 9434 – Aeropuerto	1858-1892	32	331
		1906-1948	43	323
		1941-Actual	58	322

TABLA 1. Datos básicos.

## SEQUIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: RECORDS HISTÓRICOS Y LEYES DE FRECUENCIA

Estaciones complementarias modernas				
Burgos	2331 – Villafría	1944-Actual	53	563
Coruña	1387 – Completa	1930-Actual	68	987
Cuenca	8096 – Cuenca	1956-Actual	43	539
León	2661 – Virgen Camino	1937-Actual	66	542
Logroño	9170 – Agoncillo	1948-Actual	52	399
Vigo	1495 – Aeropuerto	1946-Actual	55	1907
Valladolid	2539 - Villanubla	1938-Actual	65	459
Extranjero				
Beja (P)	Altitud 246	1900-Actual	94	562
Coimbra (P)	Antigua Altitud 141 Altitud 230	1866-1924	59	937
		1939-1991	52	987
		--	--	--
Faro (P)	Aeródromo	1925-Actual	66	478
Gibraltar	Oeste Suelo Frente Norte	1852-1939	87	886
		1941-Actual	52	758
Lisboa (P)	Serie antigua Serie moderna	1856-1911	56	729
		1930-Actual	64	709
Massaube (Fr)	Masseube	1878-1983	104	808
Perpiñán (Fr)	Perpiñán	1872-Actual	123	595

TABLA 1 (CONTINUACIÓN). Datos básicos.

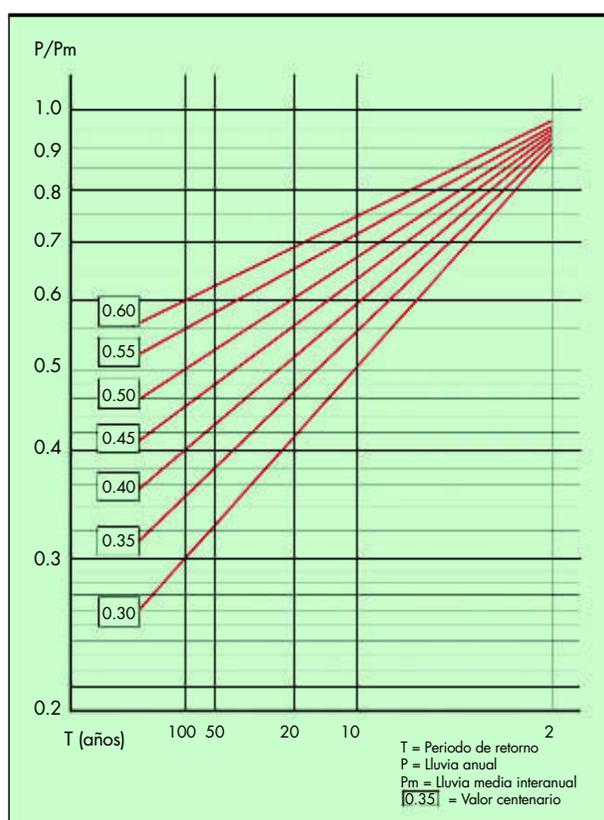


FIGURA 1. Leyes de frecuencia de precipitaciones anuales.

la lluvia interanual y por tanto con media 1, sólo es preciso un parámetro para determinar la ley adecuada a cada entorno geográfico. En lugar del tradicional coeficiente de variación, se ha elegido como parámetro característico el valor centenario por tener un sentido físico más claro y orientar directamente sobre la magnitud de las sequías esperables. Las cifras concretas de ese parámetro aplicables a cada zona geográfica quedan definidas en la figura 2.

El proceso para determinar la ley de frecuencia de sequías anuales en cualquier territorio peninsular se reduce a observar en el mapa de la figura 2 el valor de la sequía centenario que le corresponda y posteriormente seleccionar en la figura 1 la recta cuyo parámetro coincide con ese valor.

### 3. CONSIDERACIONES SOBRE LAS LEYES DE FRECUENCIA

En la mencionada figura 2 se puede observar una evolución del parámetro de la ley, o sequía centenario, creciente desde el Sur hacia el Norte Cantábrico, que tiene lugar gradualmente sin fuertes gradientes, de forma que los valores se mantienen prácticamente constantes a lo largo de extensas franjas, y por ello se puede atribuir a cada ley de frecuencia un campo de aplicación regional y no sólo puntual. Así por ejemplo, se puede hablar de que el Sudeste español presenta junto con el Algarbe portugués los más severos parámetros o sequías centenarios con cifras en torno a 0,33. Las cifras de lluvia durante las sequías de esas zonas áridas son doblemente bajas, a causa tanto de este parámetro extremo como del valor reducido de la lluvia media por el que debe multiplicarse.

SEQUIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: RECORDS HISTÓRICOS Y LEYES DE FRECUENCIA

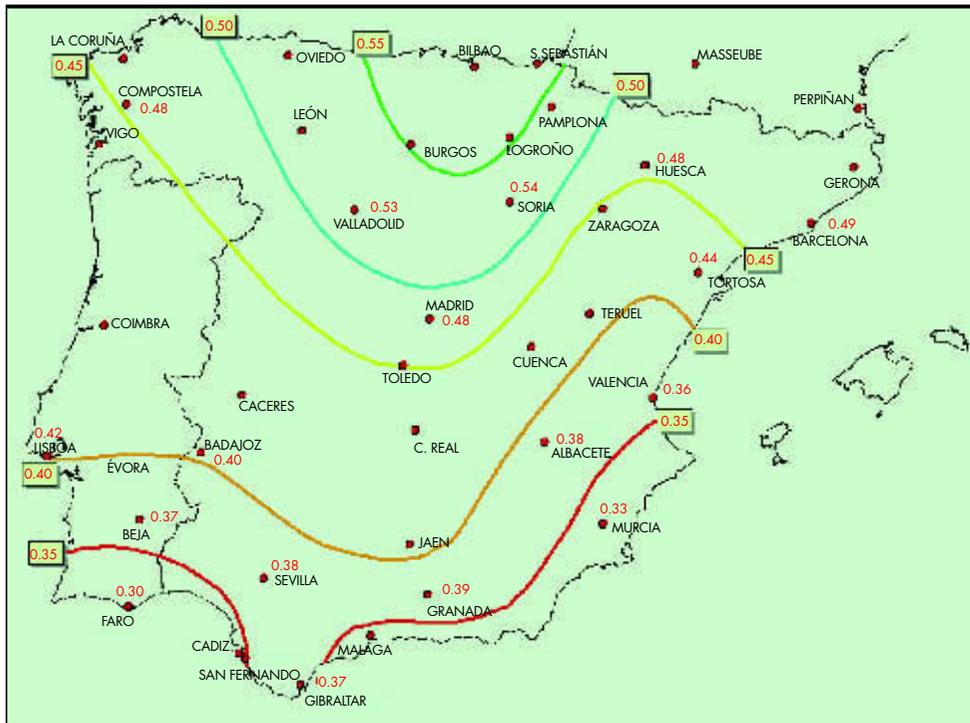


FIGURA 2. Parámetro identificativo de la ley de frecuencia o índice pluviométrico centenario.

A efectos de planificación y gestión, el autor sugiere clasificar las sequías en tres categorías en función de su rareza o período de retorno T en años:

- 10 ≤ T < 20 años – sequías frecuentes
- 20 ≤ T < 50 años – sequías ocasionales
- T ≥ 50 años – sequías excepcionales

Las mismas líneas del mapa de la figura 2 con los valores de la sequía centenario definen también las de las sequías de 10, 20 y 50 años con las equivalencias de la tabla 2.

4. RECORDS HISTÓRICOS PLUVIOMÉTRICOS

Se incluye en la tabla 3 una relación con los records históricos o valores mínimos de las lluvias anuales hallados en las series de registros que se inician en el siglo XIX. Se trata de una información con menor carácter técnico, que las leyes de frecuencia, pero supone una referencia muy ilustrativa y con

un claro significado físico. En la tabla 3 se indica para cada lugar la fecha en que se alcanzó el record y la lluvia correspondiente a ese año, tanto en valor absoluto como en relación a la media interanual, ó índice.

Se cuantificaron las lluvias tanto de los años hidrológicos (Octubre-Septiembre), como de los agrícolas (Septiembre-Agosto) y de calendario (Enero-Diciembre) seleccionando en cada caso el menor de esos valores.

La elección de lugares a los que se limitó el análisis obedeció al mismo criterio expuesto al hablar de las leyes de frecuencia, es decir, atendiendo al número de años de registro y a la ausencia de lagunas en periodos considerados críticos para la región correspondiente. Como excepción se han añadido León, Valladolid y Málaga, que en sus series relativamente cortas incluyen sin embargo un año con valor tan bajo que presumiblemente puede considerarse mínimo histórico, sobre todo cuando su fecha coincide con la de otros mínimos en la misma región.

Parámetro o sequía centenario	Sequías correspondientes a		
	50 años	20 años	10 años
0,30	0,32	0,41	0,50
0,35	0,37	0,46	0,55
0,40	0,42	0,51	0,60
0,45	0,47	0,55	0,64
0,50	0,52	0,60	0,68
0,55	0,56	0,65	0,72
0,60	0,61	0,69	0,75

TABLA 2. Correspondencia entre las sequías de distintos períodos de retorno.

SEQUIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: RECORDS HISTÓRICOS Y LEYES DE FRECUENCIA

Lugar	Año	Lluvia	
		mm.	Indice
Albacete	2004/05 Agrícola	129	0,37
Badajoz	1869	170,8	0,36
Barcelona	1877/78	250,5	0,46
Bilbao	1881/82 Agrícola	712	0,60
Granada	1994/95	124,9	0,33
Huesca	1948/49 Agrícola	249	0,45
Madrid	2004/05 Agrícola	196	0,45
Málaga	1994/95	104,3	0,26
Murcia	1945	91,6	0,30
León	1937/38 Agrícola	254	0,47
San Fernando	1877/78	116,4	0,23
Santiago	1921	615,8	0,38
Sevilla	1998/99	207,8	0,36
Soria	1890/91	284	0,51
Tortosa	1923/24	221,8	0,42
Valencia	1878/79	148	0,32
Valladolid	1944/45	231	0,50
Coimbra	1952/53	482,5	0,49
Lisboa	1944/45	291,9	0,41
Beja	1944/45	193,5	0,34
Faro	1944/45	113,1	0,24
Perpiñán	1878	291	0,49
Gibraltar	1994/95	273	0,36

TABLA 3. Lluvias anuales mínimas.

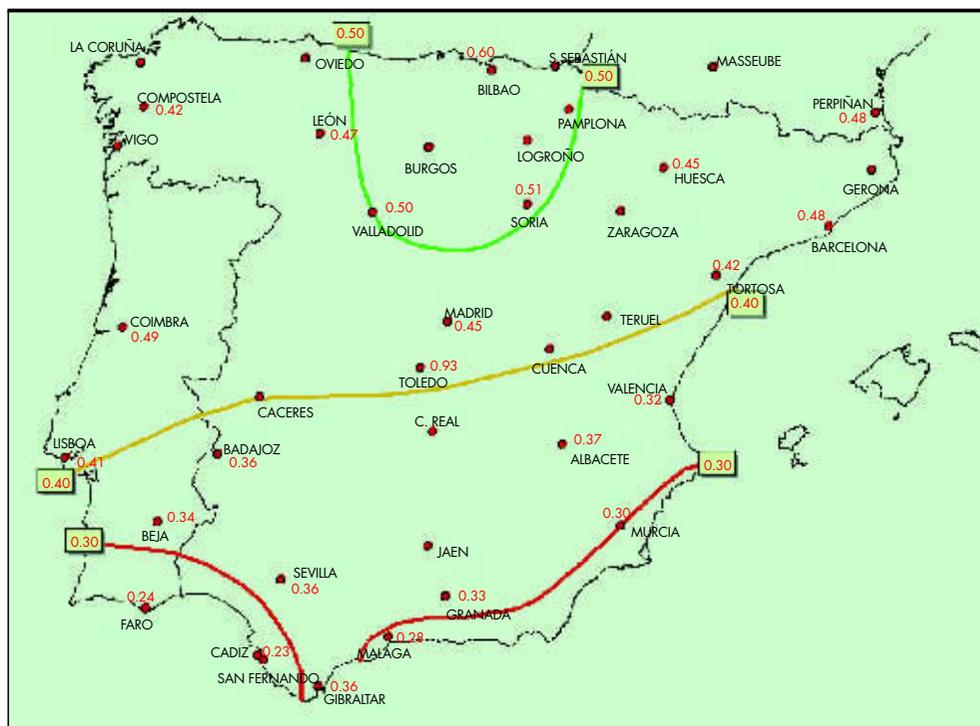
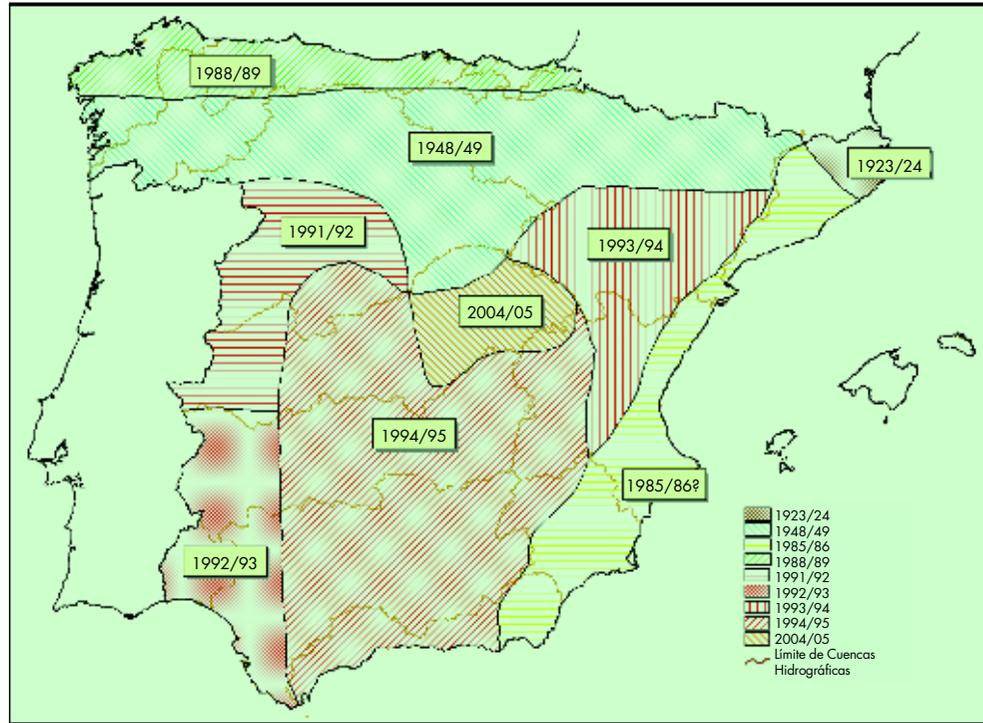


FIGURA 3. Mínimos históricos de las lluvias anuales relativas a su media interanual.

SEQUIAS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: RECORDS HISTÓRICOS Y LEYES DE FRECUENCIA



**FIGURA 4.** Fechas de los caudales anuales mínimos en las distintas zonas.

Los valores de la tabla 3 se representan en el mapa de la figura 5. y en ella se puede comprobar que los rasgos generales de la evolución espacial de los records históricos, tal como era de esperar, obedecen al mismo patrón que los de la sequía centenaria de la figura 2. Así crecen desde valores inferiores a 0,30 en el Sur hasta cifras de 0,60 en el Norte Cantábrico, y lo hacen de forma paulatina, de forma que se puede hablar de valores regionales y no sólo puntuales.

**5. FECHAS DE CAUDALES ANUALES MÍNIMOS**

Hasta aquí el análisis del artículo se ha basado en datos de lluvia y consecuentemente se refiere a sequías meteorológicas. En las sequías hidrológicas relativas a los caudales anuales de los ríos influyen fundamentalmente las lluvias anuales, pero también en medida apreciable el reparto temporal de las mismas a lo largo del año. Por ello las fechas de

Zonas definidas por el año de caudales mínimos	Comentarios
2004/05	Buen acuerdo con las series pluviométricas largas de Madrid y Albacete que tienen su record histórico en el año agrícola 2004/05. El período crítico es el bienio 2004/05 y 2005/06.
1994/95	El periodo crítico en los ríos de esas regiones es el periodo 1991/92 a 1994/95 coincidiendo con el cuatrienio más seco de las series pluviométricas largas de esa zona
1993/94	
1992/93	
1991/92	
1988/89	El periodo crítico es el bienio 1988/89 y 1989/90. Pluviometría análoga a la del año 1897/98
¿1985/86?	La mayoría de los ríos propios de esa larga franja costera mediterránea presentan sus caudales mínimos en el año 1985/86. Ha habido otros años con lluvias mucho menores, algunos de ellos en épocas sin control de caudales. Los periodos críticos varían de unas subzonas a otras.
1948/49	Hay años con lluvias menores, pero el desfavorable reparto temporal dentro de 1948/49 provocó en esa fecha los caudales mínimos de esa amplia zona. El periodo crítico es el bienio 1948/49 y 1949/50.
1923/24	En buen acuerdo con los datos pluviométricos, el período crítico es el septenio 1922/23 a 1928/29

**TABLA 4.** Comentarios sobre las fechas de caudales anuales mínimos y zonas correspondientes.

los records históricos pluviométricos no necesariamente han tenido que coincidir con las de los hidrológicos.

Se han analizado las series históricas de caudales en múltiples puntos en busca de las fechas de los mínimos anuales de los ríos, así como de los periodos de severidad crítica asociados, a los que se debe prestar especial atención en los estudios de planificación y gestión. El análisis se ha limitado a España, por no disponer de la información hidrométrica portuguesa, y se refiere a los años hidrológicos que se inician en octubre y concluyen en septiembre.

Las estaciones de medida más útiles han sido aquéllas cuyo régimen es natural o fácilmente restituible a natural, y que tienen unas series largas de registros. Sin embargo las series largas de registros hidrométricos (iniciadas en 1911/12), así como también los pluviométricos (iniciadas en el siglo XIX) muestran que las fechas más desfavorables en la mayoría de las zonas han tenido lugar en años recientes, y ello hace útiles también a las series de caudales de muchas estaciones de aforo y embalses, relativamente modernas.

En el mapa de la figura 4 se muestran las diferentes zonas, donde los caudales mínimos históricos han tenido lugar el mismo año, definidas por la fecha del mismo. En la tabla 4 se hacen comentarios específicos a cada una de ellas y a sus periodos de severidad crítica.

En el tercio Norte destacan la franja cantábrica con período crítico en el bienio 1988/89 y 1989/90 y otra muy extensa al Sur de la cordillera que afecta a las partes esenciales de la red fluvial del Duero, Ebro, Sil y Miño con mínimos en el año 1948/49 cuya sequía se prolonga el año 1949/50. En la muy

amplia zona correspondiente al Centro y Sur de España el período crítico es 1991/92 a 1994/95, siendo éste último año el que presenta mínimos en la mayor parte de esa área.

Completan el mapa la zona del Norte de Cataluña con periodo crítico en el septenio 1922/23 a 1928/29 y mínimo caudal en 1923/24 y el entorno de la cabecera del Tajo con mínimo en el reciente año 2004/05 cuya sequía se ha prolongado al 2005/06.

En la franja litoral levantina, larga y meteorológicamente heterogénea predomina el año 1985/86 como causante de los mínimos caudales, pero la fecha de los records históricos ofrece dudas al haber bastantes años con lluvias mucho menores, varios de ellos sin control de caudales. Nuevas dudas surgen por la explotación masiva de los recursos hídricos de esa región.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. JEVJEVITCH V. (1972). Probability and Statistics in Hydrology – Water Resources Publications. Fort Collins (Colorado).
2. Unesco – W.M.O (1985) – Hydrological aspects of drought.
3. Instituto Nacional de Meteorología (1996). “Homogeneidad y Variabilidad de los Registros Históricos de Precipitación de España”.
4. TEMEZ, J.R. (2005) “Fluctuaciones pluviométricas en la Península Ibérica, desde el año 1856 y su repercusión en los Planes Hidrológicos”. Revista de Obras Públicas s n° 3460.