

PERIODOS SECOS Y SEQUIAS EN LA DEPRESION CENTRAL DEL EBRO

P O R

ALFONSO ASCASO LIRIA y MANUEL CASALS MARCÉN

Si debiéramos señalar la característica climática más destacable de Zaragoza quizás indicaríamos su sequedad, la ausencia de precipitaciones. A lo largo de la historia, esa ha sido la nota dominante sobre la que han girado numerosos acontecimientos. Una ojeada a los alrededores de Zaragoza, omitiendo las zonas de regadío, nos hace ver extensas áreas de secarrales, terrenos cubiertos de pedregales, con vegetación típicamente xerófila, en un paisaje que, como indicaba Casas Torres, "parece un enclave africano en tierras de Europa". Este paisaje no se ha hecho en los últimos años, persiste desde antiguo, nos viene de milenios atrás, es el testimonio natural y permanente de la persistencia de la sequedad del clima.

Agrícolamente la labor tradicional ha sido el cultivo del cereal de secano. Desde antaño gran parte de las tierras han estado sembradas de trigo, siendo quizás la más representativa la de Cinco Villas, tantas veces llamada "el granero de España", pero que podemos ver también en otras numerosas del centro de la depresión del Ebro como los Monegros.

Muchos de los suelos del campo de Zaragoza tienen una naturaleza pulverulenta, en ocasiones de yeso, que, acumulados en las vales por el viento y las aguas de arroyada, sirven de soporte al cultivo y en donde, con frecuencia, pueden apreciarse las grandes grietas de retracción que denuncian la penuria de agua.

En casi toda la Península, dada su situación en las latitudes medias y condicionado su clima, en gran parte, por el anticiclón de las Azores, puede destacarse la sequedad. Pero a excepción de algunas zonas del sureste peninsular quizás sea de las más secas la región central de la depresión del Ebro debido a que el conjunto de sistemas orográficos que la circundan la apantallan de las perturbaciones (temporales y sistemas frontales) que habitualmente se desplazan de poniente a levante.

Por todo ello el término de sequía es, desde antaño, familiar en estas tierras. Las antiguas y esporádicas acequias que aún quedan, los renombrados sistemas de riego árabes, las obras de riegos que tienen como eje principal

el Canal Imperial de Aragón y los nuevos regadíos han cambiado paulatina y progresivamente las tierras bajas creando una huerta que se ha distinguido por la calidad de sus frutos. Pero esta es la excepción que, lógicamente, no obedece a las características climáticas dominantes.

EL CONCEPTO DE SEQUÍA

El concepto de sequía viene expresado como "tiempo seco de larga duración". Esta definición aparentemente suficiente plantea un gran número de interrogantes. Ante todo pueden considerarse las sequías bajo distintos puntos de vista; unos agrícolas, otros hidráulicos, otros incluso económicos, los propios meteorológicos, etc. Estos períodos secos pueden verse enmascarados, en determinadas zonas, por la existencia de embalses de abastecimiento y riego, mientras en otros lugares, con precipitaciones análogas, puede hablarse de sequía.

Se ha intentado, mediante índices más o menos afortunados, valorar cuantitativamente las sequías. Los servicios meteorológicos de distintos países mantienen criterios diferentes para valorar las sequías y calificarlas como moderadas, severas, desastrosas, etc. e incluso delimitarlas por sus efectos locales, comarcales, regionales, etc.

En los momentos actuales se dice que la que ahora padecemos es la sequía del siglo. A nuestro modo de ver, y por cuanto llevamos dicho, no existen elementos con los que juzgar si es más o menos severa que otras de antaño.

Existen numerosos acontecimientos que parece pudieran ser indicadores para establecer una comparación, pero vamos a ver seguidamente que no es así. Las necesidades actuales de agua son muy superiores a las de algunas décadas atrás, y ello por diversos motivos: El incremento de la población, las demandas de la industria, la ampliación e intensificación de los regadíos, el incremento de la cabaña, la importancia creciente de zonas verdes urbanas, el desarrollo de una higiene humana, etc. son algunos de los numerosos motivos que podrían aportarse. La sociedad de hace unas décadas tenía necesidades más simples que ésta. El lavadero era público, la fuente suministraba agua potable, puesto que la higiene doméstica estaba todavía muy simplificada, la industria no se había desarrollado e incluso existía un aprovechamiento sencillo y rudimentario para extraer la energía de los cauces de agua, como eran los molinos y las fábricas de luz, etc.

Quizás pudiera argumentarse que precisamente los cursos de agua, sus caudales, podrían servir como índice compartivo. Pues no; las aguas que se extraen de los ríos por canales y bombas tienen dos usos fundamentales, el regadío y el abastecimiento a poblaciones y zonas industriales. Los retornos, además de ser de mala calidad, son mínimos, pues ha habido grandes mermas como la evaporación de extensas zonas de regadío, la transpiración y retención de los vegetales, etc.

La comparación en la producción de cereales de secano tampoco sería adecuada por las múltiples variedades utilizadas en el transcurso de los tiempos, las épocas de siembra y las propias necesidades de agua de esas variedades. Además, la producción del cereal se ve afectada no sólo por la cantidad de agua, sino por cómo está distribuida a lo largo del año agrícola e incluso inciden en la producción otros acontecimientos como calores a destiempo, vientos fuertes, etc.

La precipitación es otro parámetro que no siempre es representativo. A principios de enero de 1981 podía leerse en la prensa titulares tan ciertos y contradictorios como los referentes a la sequía del campo y las riadas del Ebro. Un año puede comportarse como normal en cuanto a cantidad de precipitaciones y ser catastrófico porque éstas no han llegado en su momento, o no han precipitado con la moderación necesaria para que los suelos las retengan.

Si en la tristemente recordada década de los cuarenta hubiese existido el plan "alerta roja" posiblemente hubiera sonado incluso en las zonas peninsulares habitualmente más húmedas.

Todo cuanto acabamos de exponer demuestra la dificultad de definir y cuantificar para poder comparar unas sequías y podemos decir que, aunque ciertamente en los momentos actuales existe una sequía, no se tiene bases en las que apoyar que ésta es la más severa del siglo, a no ser que se explique antes qué se entiende por sequía.

PERÍODOS SECOS

Dado que la climatología ha de servir a múltiples usuarios, nos parece más preciso en vez de hablar de sequía referirnos, siguiendo la norma ya iniciada en otros trabajos, a "períodos secos" o "períodos de días sin precipitación" o "períodos de sequía", haciendo la advertencia de que muchos de los largos períodos que refiramos no habrán sido considerados como sequías agrícolas y que, por el contrario, algunas sequías agrícolas habrán quedado ocultas en la estadística a causa de que un día de precipitación apreciable, aunque poco representativa, haya roto el período seco climatológicamente considerado.

Se define un "período seco" o "período de días sin precipitación" aquel comprendido entre dos días de precipitación apreciable, aunque puedan existir, dentro de ese período, alguno o algunos días, aislados o consecutivos, con precipitación inapreciable. Es decir, un día de precipitación inapreciable se considera como día seco a excepción de que esté comprendido entre dos días de precipitación apreciable, pues, en tal caso, se incluye en el mismo período lluvioso de determinado temporal.

Se podían haber tomado otros criterios; posiblemente fuera más realista que el citado considerar, por ejemplo, como días secos todos aquellos cuya precipitación es igual o inferior a 1 mm, cantidad ésta verdaderamente pequeña y que fácilmente se pierde por evaporación, más todavía si, como sue-

le suceder tras un paso frontal, sopla cierzo. Con este criterio y, a título de ejemplo, dos períodos, uno de 15 días (del 11 al 25 de enero de 1938) y otro de 54 días (del 27 de enero al 23 de marzo de 1938) se hubieran contado como un solo período de 70 días de duración, puesto que el día 26 de enero se recogió una precipitación de 0,7 mm. Pero a este criterio podrían ponerse otros condicionantes y otros, y otros, que harían prácticamente imposible una clasificación de los períodos secos.

SERIE ESTUDIADA

La serie climatológica estudiada comprende desde enero de 1889 a diciembre de 1979, período este del que se conocen los datos diarios de precipitación del observatorio de Zaragoza. Entre los años 1900 y 1905 existen algunos meses de los que no se conoce siquiera el dato resumen.

En el conjunto total se ha trabajado con 32167 días correspondientes a 1057 meses, lo que representa un conjunto de 88 años. Cabe pues la introducción de algún error, especialmente en los períodos secos estacionales y anuales, pero que se consideran despreciables frente al conjunto total del colectivo estudiado.

PERÍODOS SECOS MENSUALES

A partir de los datos diarios se agruparon, dentro de cada mes, los períodos de 1, 2, 3, etc. días consecutivos sin precipitación de acuerdo con los criterios anteriormente expuestos. En el cuadro I se expresa el número absoluto de períodos encontrados en el conjunto de los 1057 meses estudiados. En total se han obtenido 25661 días secos que representa un valor medio de 291 días secos al año equivalente al 80 % de los del año.

Los meses con mayor número de días secos son julio y agosto que tienen ambos una media de 27,3 días, habiendo llegado, en cuatro ocasiones julio y en cinco, agosto, a tener secos sus 31 días. Le sigue en importancia el mes de enero con una media de casi 25 días secos, presentándose cinco ocasiones con ausencia total de precipitación en el conjunto del mes. El mes con menor número de días secos es febrero, pero porque su duración es más corta que todos los demás del año.

Si expresamos en porcentajes los días secos con respecto a los días del mes veremos (cuadro I) que efectivamente julio y agosto siguen siendo los más secos, con prácticamente el 88 % de sus días secos, pero el tercero en importancia es septiembre con un 82,2 % pasando enero a ocupar el cuarto lugar y el menor porcentaje de días secos lo tienen mayo, con un 74,7 % que corresponde lógicamente con el mes de mayor pluviometría en Zaragoza.

A fin de poder analizar más claramente los períodos, se han agrupado de cinco en cinco y se ha obtenido el tanto por ciento con respecto al número de períodos contados para cada mes. Los resultados se han expuesto en el cuadro II y se ha representado gráficamente en la figura 1. Así, en el mes

CUADRO I

NÚMERO DE PERÍODOS SECOS

Períodos	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
de 1 día	73	85	77	86	79	56	25	28	45	74	77	79
2	64	65	49	63	54	56	27	37	58	50	59	44
3	26	36	50	34	49	44	28	30	28	31	39	54
4	29	20	19	38	37	32	26	25	25	30	39	41
5	26	11	28	10	36	23	18	11	22	24	20	26
6	23	10	23	16	28	24	19	15	23	23	30	26
7	18	8	24	15	26	24	20	24	20	21	20	10
8	16	10	18	12	12	19	4	7	22	12	11	10
9	9	8	12	10	15	16	12	13	9	10	9	15
10	6	10	6	13	10	14	12	11	14	15	13	9
11	8	11	13	10	6	8	9	15	8	7	4	6
12	7	8	5	11	11	9	11	7	9	9	7	12
13	4	4	6	9	10	5	8	8	10	6	6	4
14	4	6	4	5	7	6	6	8	6	4	3	9
15	2	8	4	6	3	4	3	6	1	2	5	2
16	8	5	3	4	1	3	5	6	3	6	4	0
17	4	0	8	2	4	5	9	4	4	5	4	2
18	2	4	4	7	3	3	7	3	1	3	5	2
19	3	3	3	2	1	1	4	3	5	3	3	4
20	2	3	1	2	1	3	6	5	3	3	0	1
21	2	3	1	2	1	1	3	6	1	3	0	1
22	3	2	1	1	0	0	2	0	2	2	2	2
23	1	2	2	1	0	2	3	3	2	3	1	4
24	3	4	1	1	0	0	1	3	0	1	2	2
25	0	1	0	0	1	0	2	1	1	0	2	2
26	2	2	1	1	0	1	0	2	4	3	1	0
27	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0
28	1	2	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
29	0		0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
30	1		1	2	0	0	0	0	2	0	2	1
31	5		1		0		4	5		1		0

	En.	Fe.	Ma.	Ab.	Ma.	Ju.	Jul.	Ag.	Sep.	Oc.	No.	Dic.
Núm. días observados	2728	2513	2759	2670	2728	2640	2697	2728	2640	2728	2670	2666
Núm. total días secos	2192	1950	2117	2051	2037	2083	2375	2401	2171	2165	2068	2051
Núm. medio días secos	24,9	21,9	23,8	23,0	23,1	23,7	27,3	27,3	24,7	24,6	23,2	23,8
Porcentaje días secos	80,3	77,6	76,7	76,8	74,7	78,9	88,1	88,0	82,2	79,4	77,4	76,9

de enero se han contabilizado 353 periodos secos desde 1 a 31 días de duración; de ellos existen 218 periodos de duración comprendida entre 1 y 5 días, que representan el 61,7 %, 72 periodos comprendidos entre 6 y 10 días de duración que representan el 20,4 %, etc.

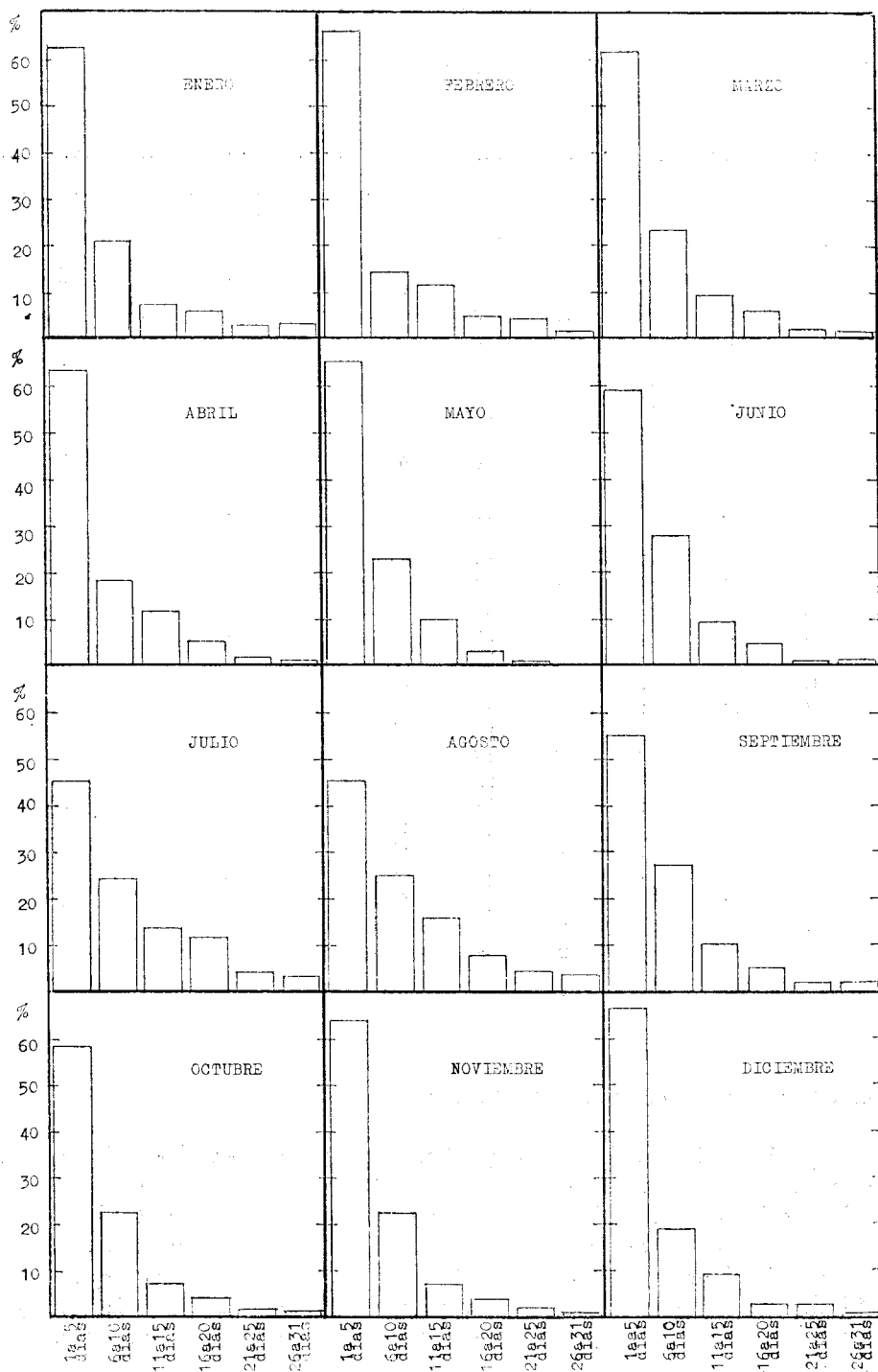
Lógicamente los de mayor frecuencia son los períodos de menor duración, es decir, entre 1 y 5 días, pero cabe destacar cómo este porcentaje es menor en los meses más secos (julio y agosto) que son precisamente los meses que adquieren mayor valor para los porcentajes de períodos secos más largos. En todos los casos el porcentaje es decreciente salvo en los dos últimos pasos en los meses de enero y septiembre en que son ligeramente superiores los comprendidos entre 26 y 31 días a los de 21 a 25. En el primer caso esta diferencia es atribuible a que la última clase considerada es de seis días, pero no en el caso de septiembre. Igualmente sucede en el mes de diciembre en que son más frecuentes los períodos secos de 21 a 25 días que los de 16 a 20 días.

Los meses siempre secos corresponden a los siguientes años: enero, a 1894, 1909, 1929, 1932 y 1944; en febrero, a 1918 y 1938; en marzo, 1925; en abril, a 1896 y 1945; en julio, 1893, 1909, 1942 y 1978; en agosto, 1906, 1919, 1937, 1954 y 1964; en septiembre, 1897 y 1970; en octubre, 1978, y en noviembre, 1906 y 1978. En la década de los setenta se vienen observando un número de meses secos muy superior a las décadas de los años 50 y 60 y del orden a la de la última década del pasado siglo y primera del presente, aunque hay que tener en cuenta que estas dos últimas décadas se presentan incompletas en el estudio.

CUADRO II

FRECUENCIA EN TANTOS POR CIENTO, DEL NÚMERO DE PERÍODOS DE DÍAS SECOS

<i>Períodos</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
1 a 5 días	61,7	65,6	60,9	63,6	64,6	58,6	44,6	45,3	54,1	59,4	63,4	66,1
6 a 10	20,4	13,9	22,7	18,2	23,0	26,9	24,1	24,2	26,7	23,0	22,5	19,0
11 a 15	7,1	11,2	8,7	11,3	9,4	8,9	13,3	15,2	10,3	7,9	6,8	8,9
16 a 20	5,4	4,5	5,2	4,7	2,5	4,2	11,2	7,3	4,9	5,7	4,3	2,4
21 a 25	2,5	3,6	1,4	1,4	0,5	0,8	3,9	4,5	1,8	2,6	1,9	3,0
26 a 31	2,8	1,2	1,1	0,8	0	0,6	2,9	3,5	2,1	1,4	1,1	0,5



CUADRO III

NÚMERO DE PERÍODOS SECOS

	<i>Prim.</i>	<i>Ver.</i>	<i>Oto.</i>	<i>Inv.</i>	<i>Año</i>		<i>Prim.</i>	<i>Ver.</i>	<i>Oto.</i>	<i>Inv.</i>	<i>Año</i>
1	204	84	158	212	603	31		1	1	1	8
2	151	96	145	155	492	32	2			1	5
3	121	81	81	97	344	33	3	1		2	7
4	79	55	75	76	262	34		3	1		5
5	60	43	60	56	202	35	1	2	1		6
6	62	50	62	48	193	36	1			2	6
7	60	54	48	36	171	37			3		4
8	38	27	35	26	122	38		1			1
9	32	38	24	27	114	39			1	1	4
10	26	31	40	16	109	40				2	3
11	28	31	22	25	105	41		1	1	1	3
12	20	26	26	21	86	42		1			4
13	25	19	24	15	82	43		1			3
14	18	20	15	13	64	44		1		1	3
15	9	15	13	13	50	45				1	1
16	6	13	14	10	40	46			1	1	2
17	8	14	9	7	34	47		1			1
18	11	7	9	10	32	48		1			1
19	10	7	8	6	29	50	1	1			2
20	6	14	6	5	33	51		1			1
21	7	10	3	6	32	53			1		
22	2	6	7	7	27	54	1				3
23	4	8	3	7	22	58		1			
24	4	6	6	9	23	61				1	1
25	2	5	8	5	16	63					1
26	1	4	7	6	20	65					2
27	1	5	3	1	11	66		1			1
28	6	4	1	2	13	69				1	1
29	2	1	1	2	7	70					1
30	1	1		2	6	87			1		
						88					1

PERÍODOS SECOS ESTACIONALES Y ANUALES

Los períodos largos de sequía quedan enmascarados en el estudio mensual por la continuidad que pueden tener en el mes o meses siguientes, por lo que los períodos secos deben considerarse no sólo en el conjunto de un año, sino en el conjunto de la sucesión de años, puesto que un período puede abarcar el final de un año y el principio del siguiente como, por ejemplo, el de 69 días (cuadro V) comprendidos entre el 13 de diciembre de 1893 y el 19 de febrero de 1894, que es, precisamente, el tercero en importancia de la serie de Zaragoza.

No obstante, se ha hecho la clasificación de los distintos períodos secos dentro de los límites estacionales para tener un conocimiento de su comportamiento dentro de los cuatro grandes períodos en que podemos considerar subdividido el año. En el cuadro III se expresa el número de períodos de duración indicada para cada una de las estaciones y el año, contabilizados en el total de la serie estudiada. Estacionalmente el período de mayor longitud corresponde al otoño, con 87 días de duración, aun cuando no sea esta estación en la que habitualmente se presentan los más largos. Si consideramos los períodos iguales o superiores a cuarenta días, en primavera solamente se han presentado en dos ocasiones y en otoño en cuatro a lo largo del período, mientras que tanto para el verano como para el invierno se han dado diez casos en ambos.

Si el límite inicial lo situamos en valores iguales o superiores a los 31 días, siguen teniendo un valor mínimo la primavera (9 ocasiones) y el otoño (11 ocasiones) y aparece el verano con un período más que el invierno (18 y 17 ocasiones respectivamente). Podemos concluir que en Zaragoza los períodos secos de larga duración se presentan principalmente en el verano y en el invierno, que justamente coinciden con los mínimos pluviométricos anuales. En la sucesión total de todos los años el período más largo tiene una duración de 88 días.

En el cuadro IV se han señalado, como hicimos con los valores mensuales, los porcentajes de períodos respecto al conjunto total estacional o anual, agrupando los períodos de cinco en cinco días. En esta sucesión de porcentajes en todos los casos es continuamente decreciente hasta llegar al intervalo de períodos entre 36 a 40 días en que el otoño y el invierno presentan un

CUADRO IV

FRECUENCIA, EN TANTOS POR CIENTO, DEL NÚMERO DE PERÍODOS DE DÍAS SECOS

<i>Períodos</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verano</i>	<i>Otoño</i>	<i>Invierno</i>	<i>Año</i>
1 a 5	60,7	45,2	56,2	63,4	55,6
6 a 10	21,5	25,2	22,6	16,3	20,7
11 a 15	9,9	14,0	10,8	9,2	11,3
16 a 20	4,0	6,9	5,0	4,0	4,9
21 a 25	1,9	4,4	2,9	3,6	3,5
26 a 30	1,1	1,9	1,3	1,6	1,7
31 a 35	0,6	0,9	0,3	0,4	0,9
36 a 40	0,1	0,1	0,4	0,5	0,5
41 a 45	0	0,5	0,1	0,4	0,4
46 a 50	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2
51 a 55	0,1	0,1	0,1	0	0,1
56 a 60	0	0,1	0	0	0
61 a 65	0	0	0	0,2	0,1
66 a 70	0	0,1	0	0,1	0,1
71 a 75	0	0	0	0	0
76 a 80	0	0	0	0	0
81 a 85	0	0	0	0	0
86 a 90	0	0	0,1	0	v

valor superior a su valor anterior. En el intervalo siguiente es más acusada la anomalía del verano y en los siguientes ya existen claras rupturas, atribuibles, sin duda, a la corta longitud del a serie tratada, aunque parezca ser, en principio, suficientemente larga.

LOS PERÍODOS SECOS MÁS LARGOS

En el cuadro V se han indicado, con expresión de sus fechas de comienzo y final, los períodos secos de duración igual o superior a cincuenta días, considerados ya como importantes puesto que representan algo más de mes y medio sin llover.

Estos largos períodos secos obedecen a situaciones meteorológicas de pleno dominio anticiclónico. Solamente varía la posición del anticiclón entre los largos períodos estivales y los invernales. Durante el verano el anticiclón de las Azores penetra en la Península, quedando la zona central del Ebro en su extremo oriental. En altura la situación suele ser también anticiclónica, por lo que existe gran estabilidad de la atmósfera. En estos períodos secos las bajas presiones de carácter térmico, características del verano español, suelen formarse en la mitad meridional peninsular y, prácticamente, la inestabilidad a que pudieran dar lugar no repercute en la zona central del Ebro; ocasionalmente se produce algún amago tormentoso que a lo sumo deja una precipitación inapreciable.

En la época invernal el núcleo central anticiclónico, bastante potente, se sitúa, oscilante, sobre el Cantábrico, macizo Central francés y como límite más oriental la cordillera de los Alpes. La presencia de este anticiclón, persistente, con eje según los paralelos, bloquea cualquier intento de desplazamiento de las borrascas hacia las latitudes medias que pudieran romper el período seco. Ocasionalmente el extremo de algún sistema frontal, poco activo, afecta la mitad septentrional peninsular, pero llegan exhaustos a las proximidades de Zaragoza.

CUADRO V

PERÍODOS SECOS IGUALES O MAYORES DE 50 DÍAS

88 días del 5 septiembre	1978 a 1 diciembre	1978
70 días del 15 agosto	1897 a 23 octubre	1897
69 días del 13 diciembre	1893 a 19 febrero	1894
66 días del 16 junio	1909 a 20 agosto	1909
65 días del 5 julio	1906 a 7 septiembre	1906
65 días del 8 diciembre	1931 a 10 febrero	1932
63 días del 26 julio	1964 a 25 septiembre	1964
61 días del 24 diciembre	1943 a 22 febrero	1944
54 días del 27 enero	1938 a 21 marzo	1938
54 días del 25 marzo	1945 a 23 mayo	1945
54 días del 12 julio	1954 a 3 septiembre	1954
51 días del 13 julio	1919 a 1 septiembre	1919
50 días del 20 marzo	1896 a 8 mayo	1896
50 días del 15 julio	1937 a 2 septiembre	1937

Como ya hemos indicado anteriormente y puede verse en el cuadro V, el período seco más largo observado en Zaragoza se produjo en fechas relativamente recientes, desde el 5 de septiembre al primero de diciembre de 1978. Pero este período podría haber sido mucho más prolongado, puesto que desde el 30 de junio en que cayeron 25,5 mm transcurrió un período seco de 33 días limitado por un día de precipitación de 5,5 mm (el 3 de agosto) y otro de treinta y un días, hasta el 4 de septiembre en que cayeron 13,1 mm. A resultas de esto los meses de julio, octubre y noviembre fueron meses muy secos, y agosto y septiembre secos, que hicieron que el otoño de 1978 pasara a ocupar el primer puesto en la clasificación de otoños secos de la serie de Zaragoza desde 1858. A su vez también pasaba a ocupar el primer puesto de mínimos de precipitación el mes de octubre y el de noviembre un primer puesto compartido con el de 1866.

Decir que en el transcurso de cinco meses (desde julio a noviembre) ha llovido solamente en dos ocasiones, distanciadas un mes y totalizándose entre ambas 18,6 mm es hablar, lógicamente, de un período de sequía de cinco meses de duración aunque no podamos incluirlo en la estadística efectuada en base a los principios establecidos para definir un período seco. Este ejemplo, vivo y reciente, viene a confirmar cuanto exponíamos en los apartados relativos al concepto de sequía y períodos secos.

El año 1978, a pesar de todo, se comportó como un año seco, con 284 mm de precipitación total (frente a los 334 mm de media) en el que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre fueron lluviosos, los de abril y junio muy lluviosos y mayo, normal.

PERÍODOS DE RETORNO

Con frecuencia se ha ajustado, con resultados aceptables, una distribución Gumbel a sucesos extremos como, por ejemplo, las precipitaciones máximas anuales en 24 horas u otros intervalos, pero, al menos que conozcamos, no se ha tratado con los períodos secos más largos en cada uno de los años.

A fin de disponer de una serie continua hemos seleccionado los períodos máximos en cada uno de los años desde 1905 hasta 1979. Cada uno de los períodos secos importantes que ocupan los días finales de un año y primeros del siguiente lo hemos contabilizado en el año al que pertenece el mayor número de días del respectivo período. Los setenta y cinco períodos seleccionados se han agrupado en intervalos de clase, siendo el límite superior de cada intervalo un múltiplo de cinco (ver columna 1, cuadro VII) y se han determinado las frecuencias absolutas simples y acumuladas (columnas 2 y 4) y las correspondientes frecuencias relativas (columnas 6 y 8).

La frecuencia relativa acumulada esperada (columna 9) se ha determinado por la función de Gumbel:

CUADRO VII

CUADRO DE FRECUENCIAS

Límites intervalo (1)	Absoluta		Abs. acum.		Relativa		Relat. acum.		Período retorno (10)
	Obs.	Esp.	Obs.	Esp.	Obs.	Esp.	Obs.	Esp.	
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
16 - 20	3	5,0	3	5,0	0,040	0,067	0,040	0,067	1,1
21 - 25	14	9,2	17	14,2	0,187	0,123	0,227	0,190	1,2
26 - 30	13	12,7	30	26,9	0,173	0,169	0,400	0,359	1,6
31 - 35	12	13,0	42	39,9	0,160	0,173	0,560	0,532	2
36 - 40	11	11,0	53	50,9	0,147	0,146	0,707	0,678	3
41 - 45	7	8,2	60	59,0	0,093	0,109	0,800	0,787	5
46 - 50	5	5,7	65	64,7	0,067	0,076	0,867	0,863	7
51 - 55	4	3,7	69	68,4	0,053	0,050	0,920	0,913	12
56 - 60	0	2,4	69	70,9	0,000	0,032	0,920	0,945	18
61 - 65	4	1,6	73	72,5	0,053	0,021	0,973	0,966	29
66 - 70	1	1,0	74	73,4	0,013	0,013	0,987	0,979	48
71 - 75	0	0,6	74	74,0	0,000	0,008	0,987	0,987	77
76 - 80	0	0,4	74	74,4	0,000	0,005	0,987	0,992	125
81 - 85	0	0,2	74	74,6	0,000	0,003	0,987	0,995	200
86 - 90	1	0,2	75	74,8	0,013	0,002	1,000	0,997	333

$$F(x) = e^{-e^{-z}}$$

en donde z , llamada variable reducida, viene dada por la expresión

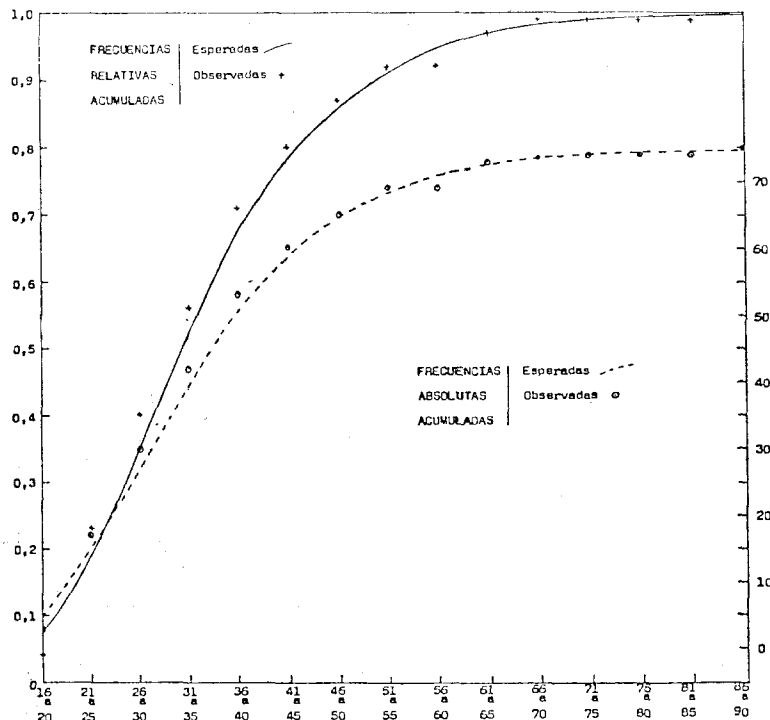
$$z = 1,283 \frac{x - \bar{x}}{\sigma} + 0,577$$

siendo \bar{x} el valor medio de la serie, en este caso $\bar{x} = 36,2$, σ la desviación típica ($\sigma = 13,2$) y x el valor de la variable (límite superior de cada intervalo) para el que se quiere determinar su frecuencia relativa acumulada esperada. De esta forma se han obtenido los valores de la columna 9 y a partir de ellos los correspondientes esperados de: frecuencias relativas (columna 7), frecuencias absolutas acumuladas (columna 5), y frecuencias absolutas (columna 3). En la figura 4 se han representado en trazo continuo la curva de frecuencias relativas acumuladas esperadas y con signos + los puntos reales observados. Se aprecia gráficamente que el ajuste puede considerarse casi perfecto a excepción de algún punto muy aislado imputable, posiblemente, a la escasa longitud de la serie analizada aun cuando ésta sea de 75 años. En curva de trazos y en la misma figura 4, con escala de ordenadas en la margen derecha, se han representado las frecuencias absolutas acumuladas esperadas y, encerradas en un pequeño círculo, los correspondientes valores esperados. También podemos apreciar la pequeña desviación que se presenta entre los valores estimados y los observados. En consecuencia concluiremos que la función de Gumbel se ajusta a los períodos secos máximos anuales, al menos para la serie estudiada.

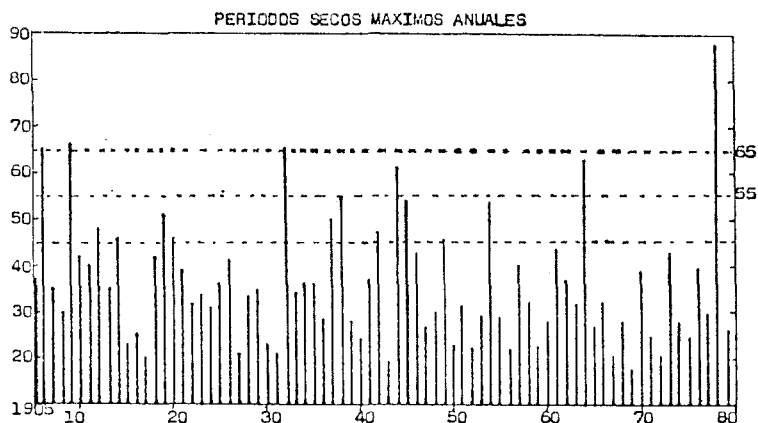
Se llama período de retorno T al número de años que, por término medio, deben transcurrir para que se alcance o supere un determinado valor x . Viene dado por la expresión:

$$T = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Para cada uno de los valores $F(x)$ expresados en la columna 9 del cuadro VII se han determinado sus correspondientes períodos de retorno y se han indicado en la columna 10.



La longitud de cada uno de los períodos máximos anuales se ha representado en la figura 5. Los períodos secos de duración igual o superior a 55 días presentan un período de retorno de 12 años. Si sobre la figura llevamos a la ordenada de valor 55 un segmento graduado en períodos de 12 años veremos que en cada uno de esos períodos tiene cabida un valor igual o superior a 55 a excepción de la década de los años veinte. Para valores iguales o superiores a períodos de 65 días el período de retorno es de 29 años que queda deformado por la proximidad de los valores correspondientes a los años 1906 y 1909. A partir de valores iguales o superiores a 75 días, con períodos de retorno mayores que la longitud de la serie estudiada, no existen medios de comprobación, obteniéndose valores extraordinariamente largos para el período de retorno correspondiente al valor máximo absoluto de la serie, que, como hemos indicado es de 88 días.



SEQUIÁS HISTÓRICAS

Como decíamos al principio estas tierras del centro de la depresión del Ebro han estado marcadas siempre por el signo de la sequía. Desde la más remota antigüedad podemos encontrar referencias a la falta de agua.

En 1442 y durante el reinado del rey Sejonj se establece una red para la medida de las precipitaciones en China, India, Corea y Palestina mediante unos pluviómetros muy sencillos y elementales. Pero el reconocimiento oficial de la invención del pluviómetro se atribuye a Castelli, discípulo de Galileo, en 1639.

Aunque los primeros datos meteorológicos se inician en el siglo XVIII no es hasta mediados del XIX cuando se establecen oficialmente en España. Por consiguiente para hacer un análisis retrospectivo de las sequías tenemos que recurrir a otras fuentes como son las reseñas históricas que aparecen en diversas obras. Referiremos a continuación aquellas sequías generales y que consecuentemente afectaron a la depresión del Ebro y aquellas otras específicas y concretas referidas a este entorno.

La primera conocida, de carácter general, es la que, según Diodoro Sículo, se produjo en el año 2030 a. de J.C. que provocó la despoblación de España. Otra de análogas características debió ser la de 1059 a. de J.C.. Según Méndez Silva, entre el 957 y el 930 a. de J.C. se produjo una emigración de los pobladores de la Península hacia las zonas de lo que hoy denominamos España húmeda, a causa de la falta de lluvias. Otras fechas señaladas son el 224 y el 200 a. de J.C. Tanto Estrabón (siglo I a. de J. C.) como Mela (siglo I) reconocen que en España existía una penuria de agua.

En el 410 una gran sequía afecta a España y otras, referidas por Puig, se produjeron entre el 707 y el 709 de modo que la población se redujo a la mitad debido a la mortalidad existente. Un nuevo período seco importante y general se presentó entre el 750 y 755 pero más grave fue el que se inició en el 846, con una duración de 31 años, y cuya crisis más fuerte fue en el año 873 secándose las fuentes, faltando los cereales, perdiéndose vides y frutales y muriendo el ganado a falta de poder abrevarle.

A excepción del 980 y del 1172 en que se conoce hubo sequías generales no hay otra hasta 1219 que quedó registrada en los Anales de Zurita y que afectó, incluso, a las zonas de montaña. Otras generales del siglo XIII tuvieron lugar en los años 1255 y 1262.

Pocas noticias concretas sobre Aragón conocemos, pero quizás puedan extrapolarse a la depresión central del Ebro aquellas de la zona meridional de la provincia de Lérida, recopiladas por Fontana en un trabajo sobre Cataluña, la semejanza en las condiciones meteorológicas pueden al menos ser indicativas estas noticias. En ese trabajo se refiere que en 1308 existe escasez de agua en Lérida y cita un conjunto de rogativas para pedir la lluvia que se celebraron en Cervera en los años 1333, 1356, 1393 y 1399. Las rogativas "ad petendam pluviam" son un medio para conocer las épocas de falta de agua. En numerosos Santuarios existen libros en los que constan estas procesiones. El trabajo de Fontana está basado, en gran parte, en estas rogativas que tuvieron lugar, principalmente, en Balaguer, Cervera y Tárrega, localidades de la provincia de Lérida de las zonas del Urgel y de la Segarra, con condiciones meteorológicas comunes a la depresión del Ebro.

En el siglo XV domina la peste, muy posiblemente favorecida por la falta de agua. En Cervera hay rogativas en 1401 y 1407. En 1414 se habla de sequía en Salamanca, en 1418 en Castilla, en 1436, 1441 y 1450 hay rogativas en Cervera y estos últimos años hay peste en Zaragoza. Los años 1473, 1474 y 1475 fueron muy secos en Castilla y posiblemente provocaron la emigración de los años 1475 y 1477 en que quedó parcialmente despoblada. Otras rogativas pidiendo lluvia se celebran en 1456 en Tárrega y Cervera.

De especial debió ser 1529 en el que, según Fontana, se secaron pozos y cursos de agua y el Ebro estaba casi seco. Esta fecha coincide con los inicios de las Obras del Canal Imperial de Aragón que no terminarían, tras largas zozobras, hasta 1785. Se celebran rogativas implorando la lluvia en Cervera en 1541, 1548, y en 1566 se refiere hubo en La Segarra un período de ocho meses sin llover. Otras fechas fueron 1577 en Tárrega, 1583 y 1586 en Balaguer y Tárrega y 1539 en Cervera.

Del siglo XVII hay numerosas reseñas de rogativas en tierras de Lérida y numerosas también en otras zonas españolas. En 1605 se habla de sequía en Castilla, y Tárrega y Balaguer invitan a las rogativas a los pueblos vecinos. En 1606, 1607, 1612, 1614 y 1615 hay rogativas en Cervera y Tárrega. En 1616 se refiere que la sequía en Castilla fue severa, de modo que el Pisuerga a su paso por Valladolid va casi agotado; en Cervera invitan a las rogativas a 36 pueblos de La Segarra y el Urgel. Vuelven las rogativas en Tárrega en

1622, en Cervera en 1624, 1629, 1630 y 1631, años que coinciden también con un período de sequías en Castilla. En 1640 se hacen rogativas en Salamanca y Tárrega. El período siguiente hasta 1680 fue seco en Castilla, y también debió serlo por estas tierras ya que hubo rogativas en Tárrega en 1644, 1648, 1650, 1652, 1655, 1661, 1670 y 1680 y en Cervera en 1645, 1647, 1651, 1661, 1666 y 667. Debió ser importante la de 1682.

A partir de 1683 conocemos las sequías que podemos calificar como más severas en Aragón, pues desde esa fecha se tienen noticias de las rogativas que por circunstancias excepcionales se han celebrado en Zaragoza con el Santo Cristo de La Seo. Estas sequías no pueden compararse con las de fechas anteriormente citadas, puesto que denuncian ya la existencia de un suceso excepcional. Por razones de sequía se han celebrado en 1683, 1703, 1803, 1924, 1945 y 1948. Hemos de hacer notar la proximidad de fechas en las tres últimas sequías citadas, referidas precisamente a este siglo. Ha habido otras sequías y otras rogativas que podríamos denominarlas de menor entidad. Entre los siguientes años: 1661, 1713, 1748, 1868, 1870, 1876 y 1885 hubo algunos de sequía, pues se celebraron rogativas en Zaragoza con el Santo Cristo de la Cama, sin que podamos determinar qué años concretos fueron. Se sabe que por la sequía hubo otra rogativa en 1878. Sería interesante disponer de las fechas de rogativas realizadas en distintos lugares de Aragón a fin de reconstruir esta historia de las sequías. Nos consta, entre otras, las devociones al Santo Cristo de los Milagros de Huesca, Nuestra Señora de los Bañales en Uncastillo, el Cristo de la V. O. T. en Tarazona, etc.

BIBLIOGRAFIA

- H. BENTABOL Y URETA. — Las aguas de España y Portugal. *Bol. de la Comisión del Mapa Geológico de España*. T. XXV, pp. 347, 1900.
- C. E. P. BROOKS y N. CARRUTHERS. — Handbook of statistical methods in Meteorology. Meteorological Office. Londres, 1953.
- I. E. CABO ESCANDÓN y J. GARMENDÍA. — Distribución de las máximas anuales de precipitación en Matacán (Salamanca). *Rev. Geof. núm. 105-106*, 1968.
- J. M. CASAS TORRES. — Aragón. T. I. Banco de Aragón, Zaragoza, 1960.
- F. ELÍAS CASTILLO. — Precipitaciones máximas en España. Servicio de Conservación de Suelos. Ministerio de Agricultura. Madrid, 1963.
- J. M. FONTANA. — El clima del pasado. Congreso de Jaca C. S. I. C., octubre, 1974.
- J. M. FONTANA. — Historia del clima en Cataluña. Madrid, 1976.
- P. GALINDO ROMERO. — El Santo Cristo de La Seo. *El Noticiero*, 9 agosto 1924.
- M. S. GARCÍA MENDAÑA y J. GARMENDÍA. — Persistencia de los días con y sin precipitación en Salamanca. *Rev. Geof. núm. 110-111*, pp. 339-378, 1969.
- A. GARCÍA Y BELLIDO. — La España del siglo I de nuestra era (según P. Mela y C. Plinio). *Colección Austral, núm. 744*. Buenos Aires, 1974.
- A. GIMÉNEZ SOLER. — El problema de la variación del clima en la cuenca del Ebro. Universidad de Zaragoza. Facultad de Letras, 1922.
- GONZÁLEZ QUIJANO. — Los climas de la época histórica. *Ibérica núm. 43*, 1914.
- P. MATEO GONZÁLEZ. — Distribución de las máximas anuales de precipitación recogida en un día en Gijón (Oviedo). *Bol. Climatológico del S. M. N.*, pp. 3-5, febrero, 1962.

- I. PUIG. — Epocas de sequía y de lluvia en España durante la antigüedad. *Ibérica*, núm. 167, pp. 138-142, 1949.
- Epocas de sequía y de lluvia en España durante los siglos XVI, XVII y XVIII. *Ibérica*, núm. 168, pp. 177-181, 1949.
- Epocas de sequía y de lluvia en España durante el siglo XIX. *Ibérica*, núm. 169, pp. 217-221, 1949.
- J. SANG-WOON. — Una concepción práctica de la ciencia. *El Correo de la Unesco*, pp. 35-37, diciembre 1978.
- J. SECO, J. MATEOS y J. GARMENDÍA. — Posibilidades de previsión de condiciones de sequedad en los continentes. I Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid, 1974.