

¿Se acentúan ahora las catástrofes climáticas en España?

M.^a ROSARIO OJEDA MARTÍN¹ y JUAN JOSÉ SANZ DONAIRE²

¹Instituto de Geología Económica, CSIC-UCM, Madrid

²Dpto. de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, UCM
jjsanzdo@ghis.ucm.es

Recibido: 11 de enero de 2005

Aceptado: 14 de abril de 2005

RESUMEN

«Catástrofe climática» se define por evento extremo (tanto superior como inferior) de un tiempo de recurrencia de 25 años para 6 variables (precipitación, temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, media de la temperatura máxima y media de la temperatura mínima, valores anuales y mensuales) en 14 estaciones españolas (serie 1867-1995). Representados los histogramas de frecuencias decenales y quinquenales y con ayuda de la prueba de la χ^2 , se pone de manifiesto que las diferencias entre períodos no son estadísticamente significativas en las precipitaciones, si bien se aprecia una anomalía térmica finidecimonónica (fría y cálida; máxima variabilidad), muy superior a los comportamientos de los restantes momentos estudiados. Igualmente se pone énfasis en dilucidar el papel desempeñado por cada uno de los factores (variables) en los valores extremos, mediante el uso de correlaciones múltiples y matrices de correlación.

Palabras clave: catástrofe climática, estudio decenal y quinquenal, pluviometría, termometría, España.

Are climatic catastrophes increasing nowadays in Spain?

ABSTRACT

«Climatic catastrophe» is defined as an extreme event (at both tails) with a recurrence period of 25 years for 6 variables (precipitation, mean temperature, maximum temperature, minimum temperature, mean of maxima, mean of minima in annual and monthly values) in 14 Spanish observatories (1867-1995 series). Frequency histograms have been represented for decades and 5-years lasting periods and chi-square tests made which show no statistical significance in the differences between periods for precipitation, but highlight the thermal (cold and hot) anomaly at the end of the XIX century (maximal variability), as compared to other periods. Emphasis is put on the role played for the variables (as factors) in extreme values by means of multiple correlations and correlation matrices.

Keywords: climatic catastrophe, 10-years and 5-years periods, ombrometry, thermometry, Spain.

Les catastrophes climatiques en Espagne, sont-elles accentuées aujourd'hui?

ABSTRACT

La «catastrophe climatique» peut se définir comme un événement extrême (à quelcun des extrêmes) avec un temps de recurrence de 25 années pour 6 variables (précipitations, temperature moyenne, temperature maximale, temperature minimale, moyenne des temperatures maximales et moyenne des temperatu-

res minimales, valeurs par années et mois) de 14 observatoires espagnols (1867-1995). Faits des histogrammes de fréquences par périodes décadales et quinquenales et la preuve de la χ^2 , il n'existe pas des différences statistiques significatives entre les périodes étudiées aux précipitations, mais on observe une claire anomalie thermique à la fin du XIX^e siècle (froide et chaude, avec une variabilité maximale), plus forte que dans les restantes périodes étudiés. La rôle joué par les variables (facteurs) dans les valeurs extrêmes est aussi bien connue au moyen des corrélations multiples et des matrices de corrélation.

Keywords: catastrophe climatique, étude décadal et quinquenal, pluviométrie, thermométrie, Espagne.

SUMARIO: 1. Las precipitaciones. 2. Las temperaturas. 3. Las temperaturas máximas absolutas. 4. Las temperaturas medias de las máximas. 5. Las temperaturas mínimas absolutas. 6. Las temperaturas medias de las mínimas. 7. Las temperaturas medias. 8. Los extremos inferiores de las variables temométricas. 9. La integración final. 10. Bibliografía.

Una de las preocupaciones que posiblemente de una forma más directa inciden en nuestras vidas es la del medio, o del ambiente. A ello contribuye, machaconamente, la continua y repetitiva exposición de sucesos por parte de los medios de comunicación. Rara es la semana en la que no se traiga a las noticias de la televisión, de la radio o de los periódicos algún evento «catastrófico» como «la inundación mayor de los últimos años» (a veces especificando cuántos, verbigracia, 25, 50 años), «la mayor sequía», «los incendios más graves», en Paraguay, en Chequia, en Nueva Zelanda, etc.

Es propósito de este trabajo poner de manifiesto que de la exposición de tales eventos no se colige necesariamente que esté habiendo un incremento actual de las «catástrofes», si por ellas entendemos los valores extremos de un número importante de años y para variables que pueden ser contrarias. Ello es tanto más evidente si, además, se exponen los extremos referidos a ámbitos geográficos distintos. Porque, de ser cierta la hipótesis de la autorregulación, o la del «ser viviente» GAIA (LOVELOCK, 1992), necesariamente deben contrarrestarse unos extremos con otros, invalidando la idea de un cambio climático. Porque, para poder compaginar ambos supuestos, autorregulación y cambio, debería haberse producido el traspaso de un umbral crítico —al menos si se acepta la Teoría General de Sistemas -, lo que, por ende, tendría que demostrarse.

¿Qué se entiende aquí por «catástrofe climática»? En este artículo se ha tomado cada evento con un tiempo de retorno de 25 años por «catástrofe climática». La razón estriba en la disponibilidad de datos de temperatura y de precipitación para series instrumentales en España, que son relativamente generales desde mediados del siglo XIX. Además debe obviarse el problema de las lagunas. Ello emparenta con la noción de clima que uno de nosotros ha publicado (SANZ DONAIRE, 2000a y 2000b), y tiene en cuenta que esta recurrencia equivale aproximadamente a un suceso cada 30 años (las normales climatológicas).

A tal fin se ha trabajado aquí con los datos climáticos de un conjunto de 14 estaciones españolas entre los años 1867 y 1995. Son los observatorios de: Albacete, Alicante, Badajoz, Burgos, Huesca, La Coruña, Madrid, Murcia, Palma de Mallorca, Salamanca, Soria, Valencia, Valladolid y Zaragoza. No se nos escapa la escasez de estaciones de la España húmeda, pero en ella ha resultado más problemática la obtención de series completas. Se ha buscado un modo de trabajar conjunto, intentando superar los estudios regionales de los que se citan numerosos casos en la bibliografía.

En concreto se ha utilizado seis variables: (1) las precipitaciones (totales mensuales y anuales), y las temperaturas, éstas recogidas como (2) máximas absolutas, (3) mínimas absolutas, y calculadas las (4) medias de las máximas y (5) medias de las mínimas, y finalmente las (6) temperaturas medias, siempre en valores mensuales y anuales. Uno de los primeros problemas a resolver fue la rareza de series completas. Debe decirse que se tomó especial cuidado en utilizar las estaciones españolas con series de pocas interrupciones, de tal modo que apenas fuera preciso la introducción de valores en las lagunas, que, por otra parte y como se verá inmediatamente, en nada afectan al propósito de este artículo. El relleno de lagunas se realizó mediante la introducción de la media, lo que deja sin afección a los valores extremos. Pues precisamente éstos han sido los que nos han interesado en esta ocasión. Efectivamente se seleccionó un valor extremo aproximadamente por cada 25 años, lo que arroja un total de 5 para el conjunto de la serie de 129 años de duración, entre 1867 y 1995. No resulta azarosa esta cifra: detrás se esconde aproximadamente la realidad de una generación (de la población humana). Porque, aunque se suele recordar por parte de los investigadores (INM, 1996) que el cambio climático no se refiere a la memoria de las personas («yo nunca he conocido una nevada tan copiosa», «antes hacía más frío», etc.), la verdad es que la aprehensión del cambio climático se realiza por el hombre, luego se personaliza y da lugar a expresiones como las que se han citado.

Para el presente análisis se ha tomado el año de ocurrencia de los cinco valores extremos —así superiores como inferiores— en cada una de las 6 variables, tanto para los 12 meses del año, como para el valor anual. No obstante debe comunicarse que los 5 valores extremos pueden —y lo hacen con frecuencia— estar repetidos, por lo que el número de años anotados se multiplica notablemente respecto de la hipotética cifra inicial de 5. Probablemente el ejemplo de los años en que el mes de julio y agosto es de 0 mm de precipitación sea el más expresivo de lo que acabamos de decir: para Alicante, el valor mínimo apareció en 60 años de los 129 muestreados; para Palma de Mallorca, en 36, etc. Y en estos casos no existe argumento convincente alguno para escoger unos años que no otros. Como se comprenderá fue necesario ordenar de mayor a menor los datos de cada variable, así como decidir sobre el número de decimales con los que se calcula el valor anual: en estos casos se limitó a un decimal significativo. Por este otro motivo también se alarga la lista de los 5 valores extremos, tanto en los superiores como inferiores.

En principio se ha confeccionado un conjunto de histogramas de frecuencias (relativas, en porcentajes, para que se puedan comparar más fácilmente las distintas observaciones) para poner de manifiesto lo que deseábamos: responder a la pregunta de si existe en la actualidad una mayor ocurrencia de extremos climáticos. El análisis se hará para cada una de las variables, así como para los conjuntos orgánicos (todas las temperaturas y todas las variables).

LAS PRECIPITACIONES

La representación en un histograma de frecuencias relativas puede verse en el gráfico 1 para clases que son decenios y en el gráfico 2 para clases quinquenales.

En el primero observamos que, salvo en la primera y última década, no existe una gran disparidad entre las columnas, lo que pone de manifiesto la tendencia a una distribución uniforme de los extremos de precipitación en las estaciones consideradas. Debe recalcar que en dicha representación se ha sumado los valores de los extremos tanto superiores como inferiores. Pensamos que este comportamiento constituye una «novedad» respecto del ambiente climatognóstico¹ actual en el que casi se da por supuesto que existe un cambio climático por el cual hay tendencia sea en el sentido que fuere. La simple contemplación del gráfico parece avalar nuestra hipótesis de partida, según la cual no existe tal cambio.

Gráfico 1. Histograma de precipitaciones extremas

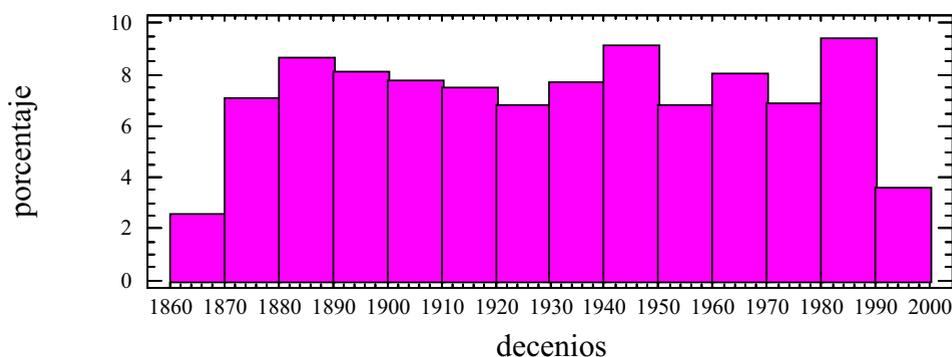
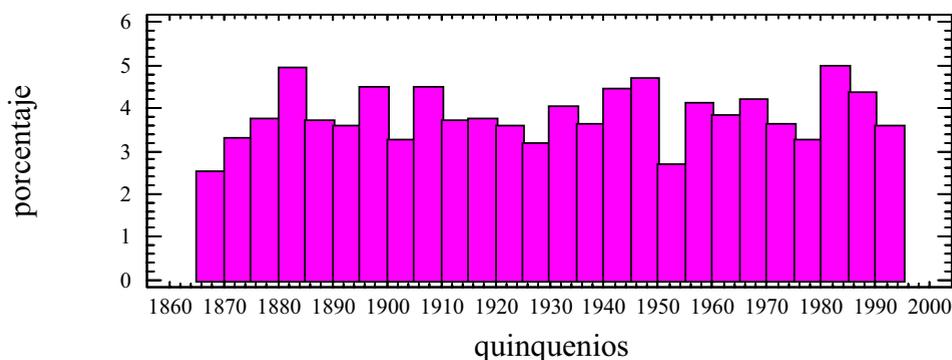


Gráfico 2. Histograma de extremos de precipitación



¹ Utilizamos aquí esta expresión para hacer una diferenciación entre el estudio científico del clima, la climatología, y la simple apreciación personal o conocimiento, que podríamos llamar *climatognosis* o *climatognosia*. De esta palabra se obtendría el adjetivo *climatognóstico*.

Con el fin de ahondar más en la «apreciación» visual, no porque ella no tenga valor, sino porque en la ciencia se suelen «demostrar» las afirmaciones, se procedió a realizar un análisis de la χ^2 , en el que se relacionan los valores reales por quinquenios y decenios con los esperados. Se entiende por esperados, aquéllos que resultan de una distribución uniforme, esto es, fruto de la división del número de los casos reales por el número de clases (26 quinquenios entre 1866 y 1995 ó 14 decenios entre 1861 y 2000). El resultado de la prueba puede verse en el cuadro I.

Cuadro I

Inicio	Final	Frecuencia quinquenal	Frecuencia decenal		χ^2 quinquenal	χ^2 decenal
1861	1865					
1866	1870	73	73		12,8347677	85,4942917
1871	1875	95			2,2246218	
1876	1880	108	203		0,06548351	0,03216519
1881	1885	142			8,85492062	
1886	1890	107	249		0,12316245	9,17462524
1891	1895	104			0,4046079	
1896	1900	129	233		3,02795745	3,6596843
1901	1905	94			2,51718608	
1906	1910	129	223		3,02795745	1,47761342
1911	1915	107			0,12316245	
1916	1920	108	215		0,06548351	0,43244316
1921	1925	104			0,4046079	
1926	1930	92	196		3,15651895	0,44564678
1931	1935	117			0,35943764	
1936	1940	105	222		0,29272465	1,31291572
1941	1945	128			2,70620623	
1946	1950	135	263		5,33789491	16,043284
1951	1955	77			10,2551986	
1956	1960	119	196		0,62350992	0,44564678
1961	1965	111			0,00085529	
1966	1970	121	232		0,9598546	3,39769681
1971	1975	105			0,29272465	
1976	1980	94	199		2,51718608	0,21006651
1981	1985	144			10,022398	
1986	1990	126	270		2,11690811	20,1926933
1991	1995	104			0,4046079	
1996	2000		104			50,1857441
	Esperados	110,692308	205,571429			
	Contaje	26	14			
	Grados de lib	25	13	Valor crítico	37,7	22,4

En el cuadro I se puede ver claramente que ninguno de los quinquenios alcanza el valor crítico, por lo que es esperable, con un grado de confianza del 95%, que sea una distribución uniforme. Por el contrario en el estudio decadal son el primero y el último decenios los que sobrepasan el valor crítico (en *negrita cursiva*). Pero ello se debe, en única instancia, al hecho de que la muestra no se refiere a la década completa, sino la primera a los 4 últimos años del quinquenio 1866-1870. Efectivamente si se rellena por estimación el resto del decenio con el valor alícuoto de 110, la prueba de la χ^2 decenal se reduce a 6,48; y otro tanto ocurre con el, para nosotros hipotético, quinquenio 1996-2000, que con otras 104 frecuencias extremas, arrojaría un valor de 0,74, bien por debajo del valor crítico o de corte.

Igualmente se ha analizado por separado los extremos de los máximos y mínimos de precipitación para dilucidar si efectivamente se compensan unos a otros en el tiempo, lo que podría significar que hay dos tiempos diferentes, y por lo tanto, la suma sería equiprobable, pero no aleatoria la distribución. Hay que descartar tal hipótesis dado que las pruebas de la χ^2 decenal y quinquenal arrojan valores inferiores al de corte.

Insistimos, pues, en que para las precipitaciones la distribución de los extremos, máximos y mínimos, es uniforme, dando lugar a una distribución equiprobable, que cuando el número de sucesos es suficientemente elevado (aquí alcanza los 2.878 ensayos), puede tildarse de aleatoria. Este caso se aleja, una vez más (SANZ DONAIRE, 1999 b, 2000 c, 2001, 2002 a, 2002 b, 2003 a y b, 2004, 2005 a, 2005 b; SANZ DONAIRE y JIMÉNEZ BLASCO, 2003 y en prensa; SANZ DONAIRE y MANUEL GARCÍA, en prensa), del tan aireado cambio climático (omitimos las citas por su extensión), especialmente porque los sucesos extremos no se aglomeran en los tiempos actuales o cercanos a nosotros, cuando la influencia humana en el clima debiera ser más patente. Hacen gala de un aumento de la variabilidad en los últimos años, por ejemplo, CREUS, et alii, 2000, p. 45, o ALMARZA MATA, 2000, pp. 76-7.

LAS TEMPERATURAS

En primer lugar vamos a tratar de la totalidad de las temperaturas, como si su conjunto obedeciese a una única variable. El modo de proceder ha sido el mismo que para las precipitaciones, con la salvedad de que se han tomado los valores de ambos extremos térmicos, en las 5 subvariables anteriormente mencionadas. De nuevo se ofrece el histograma en sus dos versiones, por decenios (gráfico 3) y por quinquenios (gráfico 4).

Si se acepta la contemplación de la figura, lo que equivale a decir que la bondad de un gráfico se mide por la capacidad del mismo para expresar una idea, en el caso del gráfico 3 se pone de manifiesto que las clases no están tan uniformemente frecuentadas como sucedía con las precipitaciones. Es menester destacar que aparece una elevada frecuencia en las décadas 8^a del siglo XIX y 9^a del XX. En el gráfico 4, por quinquenios, llama la atención la que en otro lugar hemos denominado «anomalía térmica finidecimonónica» (SANZ DONAIRE, 1999 c), que reproduce, como

por otra parte cabía esperar, el análisis decenal. Sin embargo ahora sobresale igualmente, aunque sin alcanzar los valores de la anomalía anteriormente mencionada, el período 1931-35.

Gráfico 3. Histograma de ambos extremos de temperaturas

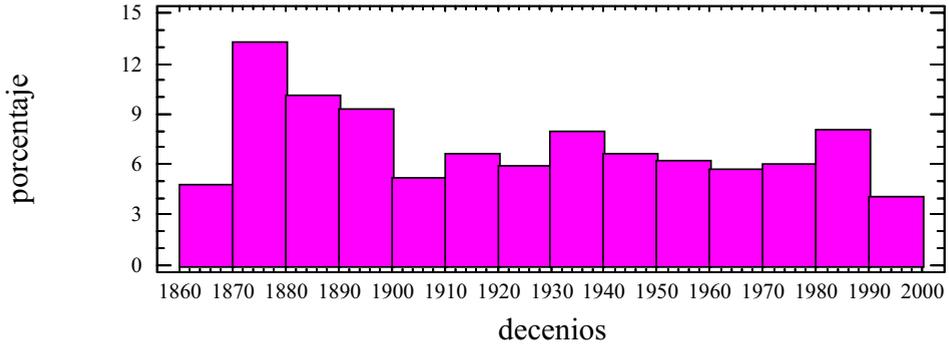
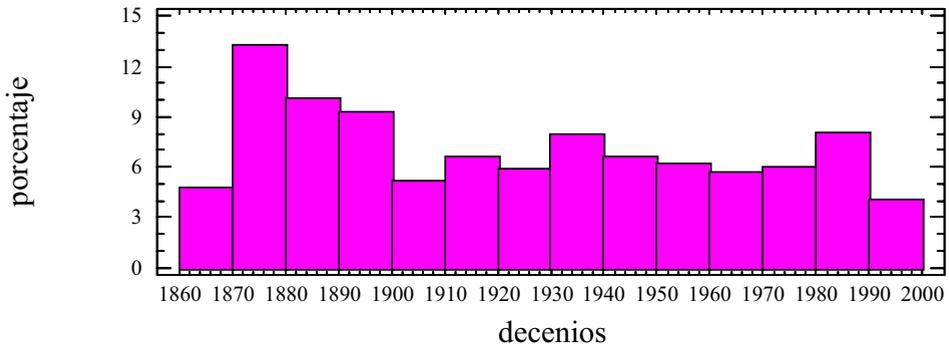


Gráfico 4. Histograma de ambos extremos de temperaturas



Como en el caso de las precipitaciones se ha intentado medir el grado de ajuste entre los valores reales y los esperados, en el supuesto de la uniformidad, siendo el resultado recogido en el cuadro II.

El cuadro II vuelve a destacar los decenios primero y último que deben tomarse, como anteriormente, con mucha precaución, por las mismas razones que se explicaron en el gráfico 1. Pero ahora sobresalen, por su escasez, los decenios que se hallan hasta el valor crítico. La anomalía térmica finidecimonónica es muy evidente, y perdura hasta la segunda década del siglo XX. Los «felices años 20» y la «década desarrollista de los 60» son, sin embargo, anormales en lo termométrico,

porque en ellos apenas existen extremos térmicos. Bajo ninguna óptica somos de la opinión de que tales circunstancias tengan relación con el auge económico, sino que nos valemos de esta denominación económico-social para referirnos a estos períodos. El comentario al análisis quinquenal repite, en parte, lo dicho para las décadas, especialmente en el lapso 1871-80 y 1885-90, aunque se salvan los quinquenios inicial y final de toda la serie. En este caso se pone de manifiesto que la anomalía térmica se extendió durante el quinquenio final de los 20 y el primero de los 30 del siglo XX. Son de notar las anomalías de los períodos 1966-70 y 1976-80.

Cuadro II

Inicio	Final	Frecuencia quinquenal	Frecuencia decenal		χ^2 quinquenal	χ^2 decenal
1861	1865					
1866	1870	560	560		24,1911895	96,2043852
1871	1875	685			116,166342	
1876	1880	887	1572		409,947275	625,12663
1881	1885	577			32,6653274	
1886	1890	621	1198		60,4962943	147,322032
1891	1895	555			21,9405133	
1896	1900	551	1106		20,2190799	80,51473
1901	1905	286			62,8179643	
1906	1910	328	614		35,4853071	63,2165556
1911	1915	355			22,0081266	
1916	1920	432	787		1,17022936	4,00002415
1921	1925	383			11,4158345	
1926	1930	322	705		38,9153274	23,2386989
1931	1935	603			48,0825012	
1936	1940	345	948		26,6261117	12,5181107
1941	1945	389			9,59433349	
1946	1950	398	787		7,15873511	4,00002415
1951	1955	362			19,0370313	
1956	1960	369	731		16,2812841	15,4158456
1961	1965	348			25,1945701	
1966	1970	322	670		38,9153274	36,2956631
1971	1975	405			5,51049306	
1976	1980	311	716		45,6146175	19,733797
1981	1985	438			0,6408176	
1986	1990	521	959		9,54970874	15,3387665
1991	1995	479			1,25761949	
1996	2000		479			158,624771
	Esperados	455,076923	845,142857			
	Contaje	26	14			
	Grados de lib	25	13	Valor crítico	37,7	22,4

Es ahora el momento de ahondar en el tema de cuál de las variables termométricas tiene mayor influencia en el comportamiento total. Para ello se irán desgranando todas las variables por separado (ver cuadros resumen por decenios y quinquenales). Para evitar el problema general de que el primero y último decenio fueron incompletamente muestreados, se procedió a suponer que en los quinquenios ausentes se habría registrado la misma cifra de sucesos extremos que en el quinquenio disponible.

LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS ABSOLUTAS

Cuando se analizan los gráficos de las temperaturas máximas absolutas en los que se agrupan ambos extremos, destaca especialmente el decenio 1871-80, o bien sus quinquenios. Efectivamente son los únicos períodos que arrojan «anomalía» al aplicar la prueba de la χ^2 . No obstante, y como habremos de decir, no es sólo por esta causa por la que sobresaldrán estos años.

LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE LAS MÁXIMAS

El comentario ya efectuado para las máximas absolutas es totalmente aplicable a las medias de las máximas, con la única agregación de las décadas primera de muestreo y la de 1951-60, en el caso del estudio por decenios. En el primer caso de los citados es, aparentemente, la suposición de que se hayan repetido exactamente las mismas incidencias en el primer quinquenio que en el segundo, la causante del desajuste. En el segundo de los casos la cifra de desviación respecto de la esperada está prácticamente en el límite de corte, por lo que le vamos a restar importancia.

LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS ABSOLUTAS

Por lo que respecta a las mínimas absolutas, los decenios problemáticos se extienden desde el de 1871-80 al de 1881-90 con fuerte desviación, pero se continúan ininterrumpidamente, aunque con levedad, hasta 1920. Vuelven las discretas anomalías al final del período muestreado, 1971-90. Por quinquenios sólo destacan 1876-80 y 1886-90, amén del de 1986-90.

LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE LAS MÍNIMAS

Otra vez se corrobora que el comportamiento de las medias no hace sino repetir, más o menos atenuadamente, el de las temperaturas absolutas correspondientes. Por

décadas se encuentran las mismas, a excepción del fallo de la última. Por quinquenios también desaparece el de 1886-90.

LAS TEMPERATURAS MEDIAS

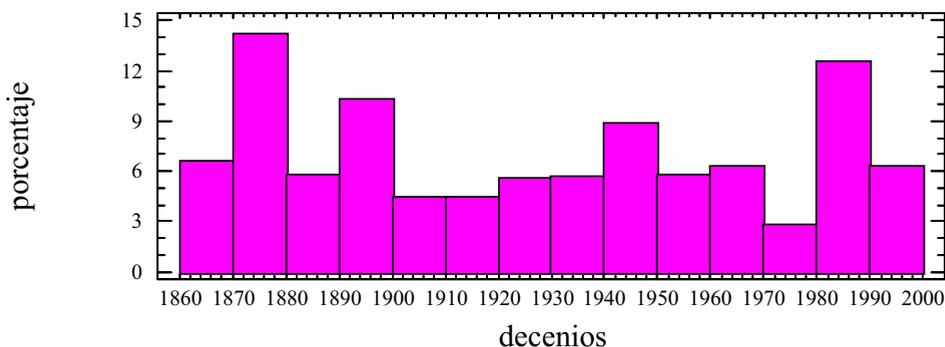
Las temperaturas medias han sufrido una suavización de los extremos por la técnica del promedio, y ello es la causa de que los decenios problemáticos se reduzcan a 1871-80 y 1901-10, el primero por la conjunción de máximas y mínimas y el segundo por la afectación sólo de las mínimas.

Al propio tiempo también hemos querido realizar un análisis de cómo se comportan todos los extremos superiores e inferiores del conjunto de variables termométricas.

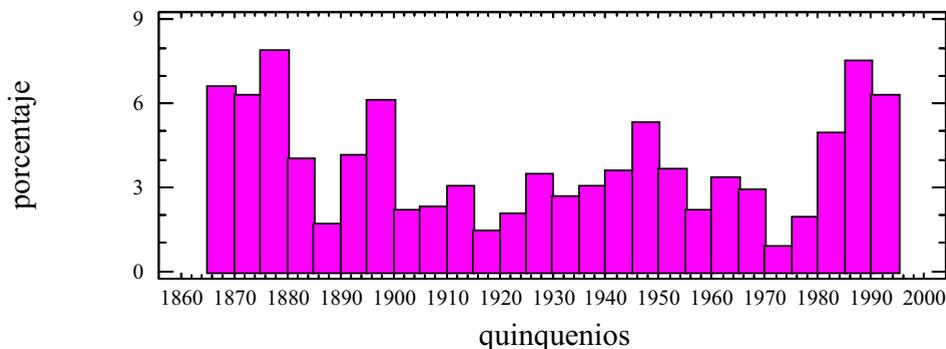
LOS EXTREMOS SUPERIORES DE LAS VARIABLES TERMOMÉTRICAS

Es en este análisis cuando se pone de manifiesto de un modo más claro que hay diferencias entre unos períodos y otros. Y ello obedece a una causa bien sencilla: cuando se suman

Gráfico 5. Histograma de extremos máximos de temperatura



todos los máximos, estamos tocando todos los extremos superiores de temperatura, lo que equivale a decir, las anomalías por encima. Es de destacar que no se produzca una aglomeración de las máximas en fechas determinadas, sino que de la contemplación del gráfico, se extrae una incierta ritmicidad, que luego es difícil de expresar matemáticamente. Más bien cabría decir que hay «ciclos» cortos y «ciclos» largos, así mismo que valores de los senos y las crestas también dispares. Pero esto equivale a decir que no hay sino carencia de ritmos, ausencia de tendencias, etc., en definitiva, comportamiento «aleatorio».

Gráfico 6. Histograma de extremos máximos de temperaturas

Con el fin de sacar a la luz el papel desempeñado por cada variable en el conjunto de todas las temperaturas extremas superiores, se ha procedido a realizar una matriz de correlaciones (Cuadro III).

Cuadro III. Matriz de correlaciones entre los componentes de las temperaturas extremas máximas

	Máx. abs.	Med. máx.	Mín. abs.	Med. mín.	Medias	Todmax
Máx. abs.		0,8694 0,0000	0,1337 0,5150	0,1140 0,5792	0,5562 0,0032	0,6986 0,0001
Med. Máx.	0,8694 0,0000		0,3135 0,1188	0,3736 0,060	0,7766 0,0000	0,8692 0,0000
Mín. Abs.	0,1337 0,5150	0,3135 0,1188		0,6417 0,0004	0,4459 0,0224	0,5338 0,0050
Med. Mín.	0,1140 0,5792	0,3736 0,060	0,6417 0,0004		0,6208 0,0007	0,6630 0,0002
Medias	0,5562 0,0032	0,7766 0,0000	0,4459 0,0224	0,6208 0,0007		0,9559 0,0000
Todmax	0,6986 0,0001	0,8692 0,0000	0,5338 0,0050	0,6630 0,0002	0,9559 0,0000	

En la matriz de correlaciones entre los componentes de las temperaturas superiores de las diferentes variables termométricas se ha consignado arriba el coeficiente de correlación, y abajo el valor p , que para valores inferiores a 0,05 ofrece significación de la correlación con el 95% de nivel de confianza. Se ha destacado en negrita los valores significativos. De la lectura del cuadro anterior se desprende, en primer lugar, cuando se analizan sólo las temperaturas entre sí, que hay relación entre las máximas absolutas y las medias de las máximas, relación que, por lógica,

tiene que ser en el sentido mencionado. Entre estas dos variables es donde se da una correlación muy elevada. En segundo plano aparece la correlación entre la media de las máximas y las medias. Menor es la dependencia de las medias de las mínimas respecto de las mínimas absolutas. Finalmente también las medias están gobernadas por medias de las mínimas, y en mayor medida que por las mínimas absolutas. De este modo queda claro que las temperaturas medias están ligadas por relaciones con significación estadística a todos los componentes térmicos.

Dicho de otra manera, si se realiza una regresión múltiple se enfatiza la dependencia de las medias respecto de sus componentes:

$$\text{Medias} = 0,706 + 0,699\text{Medmax} + 0,319\text{Medmin} - 0,191\text{Maxabs} - 0,002\text{Minabs}$$

con un coeficiente de determinación (R^2) de 73,77%, siendo la relación significativa con un nivel de confianza del 99%. La baja importancia del sumando «mínimas absolutas» recomendaría su exclusión.

En segundo lugar, cuando se analiza la relación de la suma de todos los valores superiores (Todmax) con los componentes, se observa que es ésta la variable que, junto a las medias, está relacionada con todas las demás, y, en orden decreciente, con las medias, medias de las máximas, máximas absolutas, medias de las mínimas y mínimas absolutas. En definitiva, son las temperaturas más altas las que más influyen en el valor de las extremas superiores, como cabría suponer de antemano. Al propio tiempo se pone de manifiesto que el proceso de promediado es el que más acerca a los valores totales: al fin y al cabo se alcanzan éstos a través de los sucesivos tratamientos mediante las medias (figura I).

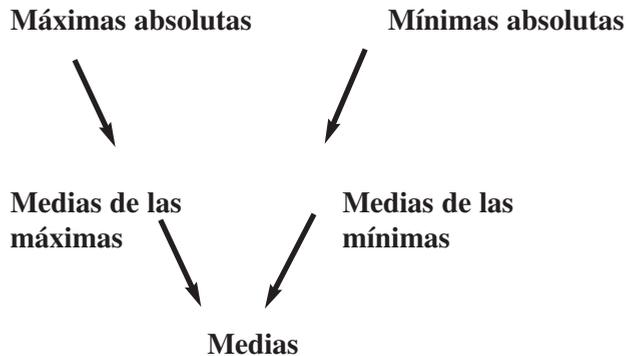


Figura I

Una vez más se obtiene un resultado lógico, que, no obstante, no se va a producir en la misma medida en el tratamiento de los valores extremos mínimos. Realizada la regresión múltiple a efectos de afianzar esa evidencia, se observa prácticamente lo mismo. La ecuación del modelo lineal se escribe:

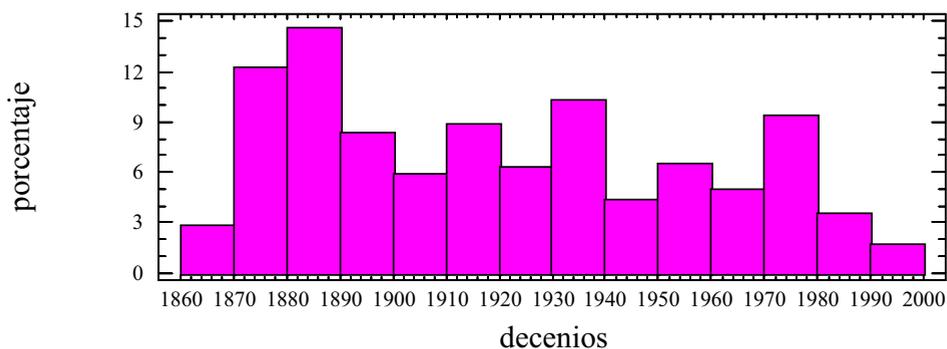
$$\text{Todmax} = 0,201 + 0,473\text{Medias} + 0,197\text{Maxabs} + 0,126\text{Medmin} + 0,106\text{Minabs} + 0,061\text{Medmax}$$

con un coeficiente de determinación (R^2) de 99,02%, siendo la relación significativa con un nivel de confianza del 99%. No obstante, dado que el sumando de las temperaturas medias de las máximas no es significativo en un nivel de confianza del 90% habría que pensar, tal vez, en despreciarlo en este modelo lineal.

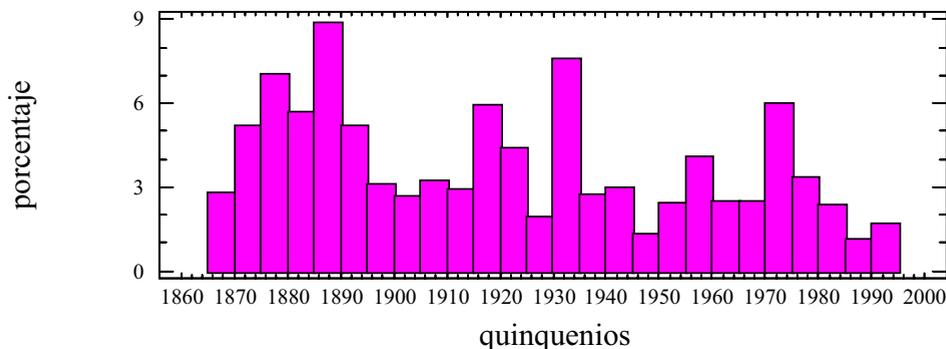
LOS EXTREMOS INFERIORES DE LAS VARIABLES TERMOMÉTRICAS

Como ya se dijo más arriba, en este análisis se pondrá de manifiesto los momentos más fríos de la totalidad de la serie, pues se han aunado los extremos mínimos de todas las variables termométricas, por decenios en el gráfico 7 y por quinquenios en el gráfico 8.

Gráfico 7. Histograma de los extremos mínimos de temperaturas



En el gráfico 7 se puede ver que existe, una vez más, la llamada anomalía térmica finidecimonónica. Y a ella se suman, aunque a cierta distancia, las puntas de 1931-40 y de 1971-80. Por quinquenios (gráfico 8) destacan por sus altas frecuencias los de 1886-90, 1916-20, 1931-35 y 1971-75. Aplicada la prueba de la χ^2 son «anormales» todos los decenios menos 1891-1910, 1921-30 y 1951-60. En los quinquenios: 1876-90, 1916-20, 1926-35, 1946-50 y el decenio 1986-1995.

Gráfico 8. Histograma de los extremos mínimos de temperaturas

Sobre la base de que la variable con todas las extremas mínimas es resultado de la suma de varios componentes, se procedió al análisis (= «separación», en el sentido griego original del término) de los sumandos de las citadas extremas, para lo que se realizó una matriz de correlaciones entre todos los componentes (Cuadro IV).

Cuadro IV. Matriz de correlaciones entre los componentes de las temperaturas extremas mínimas

	Máx. abs.	Med. máx.	Mín. abs.	Med. mín.	Medias	Todmin
Máx. abs.		0,2776 0,1698	-0,3266 0,1034	0,0272 0,8950	0,6295 0,006	0,1520 0,4585
Med. Máx.	0,2776 0,1698		-0,2163 0,2885	-0,0595 0,7729	0,2506 0,2169	0,3488 0,0807
Mín. Abs.	-0,3266 0,1034	-0,2163 0,2885		0,7469 0,0000	0,1705 0,4050	0,5105 0,0077
Med. Mín.	0,0272 0,8950	-0,0595 0,7729	0,7469 0,0000		0,5002 0,0093	0,4712 0,0151
Medias	0,6295 0,006	0,2506 0,2169	0,1705 0,4050	0,5002 0,0093		0,5971 0,0013
Todmin	0,1520 0,4585	0,3488 0,0807	0,5105 0,0077	0,4712 0,0151	0,5971 0,0013	

En la matriz de correlaciones entre los componentes de las temperaturas inferiores de las diferentes variables termométricas se ha consignado arriba el coeficiente de correlación, y abajo el valor p , que para valores inferiores a 0,05 ofrece significación de la correlación con el 95% de nivel de confianza. Se ha destacado en negrita los valores significativos. De la lectura del cuadro anterior se desprende, en pri-

mer lugar, cuando se analizan sólo las temperaturas entre sí, que hay relación entre las máximas absolutas y las medias, relación que, por lógica, tiene que ser en el sentido mencionado. Entre estas dos variables es donde se da una correlación bastante aceptable. Mayor es la dependencia de las medias de las mínimas respecto de las mínimas absolutas. Finalmente también las medias están gobernadas por medias de las mínimas.

Aquí se plantea un problema no resuelto: el por qué no siguen las temperaturas inferiores el mismo comportamiento que las extremas superiores.

Volviendo, sin embargo, a nuestra preocupación inicial: si se realiza una regresión múltiple se enfatiza la dependencia de las medias respecto de sus componentes:

$$\text{Medias} = -0,475 + 0,632\text{Maxabs} + 0,391\text{Medmin} + 0,1519\text{Medmax} + 0,063\text{Minabs}$$

con un coeficiente de determinación (R^2) de 64,4%, siendo la relación significativa con un nivel de confianza del 99%.

En segundo lugar, cuando se analiza la relación de la suma de todas los valores inferiores (Todmin) con los componentes, se observa que es ésta la variable mejor, por más, relacionada con las demás, y especialmente por relaciones significativas con las medias, las mínimas absolutas y la media de las mínimas, por orden decreciente. En definitiva, son las temperaturas más bajas las que más influyen en el valor de las extremas inferiores, como cabría esperar. Realizada la regresión múltiple a efectos de afianzar esa evidencia, se observa prácticamente lo mismo. La ecuación del modelo lineal reza así:

$$\text{Todmin} = -1,336 + 0,704\text{Minabs} + 0,604\text{Medias} + 0,423\text{Medmax} - 0,293 \text{ Medmin} - 0,093\text{Maxabs}$$

con un coeficiente de determinación (R^2) de 67,7%, siendo la relación significativa con un nivel de confianza del 99%. No obstante, dado que el sumando de las temperaturas máximas absolutas no es significativo en un nivel de confianza del 90% habría que pensar, tal vez, en despreciarlo en este modelo lineal.

LA INTEGRACIÓN FINAL

Tras los análisis diversos a los que se ha sometido el conjunto de datos es momento de intentar reconstruir la realidad climática total, esto es, trabajar con todos los datos de precipitación y temperatura. A efectos de poder interrelacionar con ellos los componentes de los cuales depende, se ha agregado al análisis los datos de todos los máximos (variable Todmax) y de todos los mínimos (Todmin), al propio tiempo que los del conjunto de temperaturas, que ya fueron comentados al comienzo del artículo (Todtemp). Las relaciones obtenidas pueden verse en el cuadro adjunto, que representa la matriz de correlaciones entre las citadas variables. (Cuadro V)

Cuadro V

	Todmin	Todmax	Todtemp.	Precip.	Temp. y Prec.
Todmin		-0,0267 0,8971	0,6364 0,0005	-0,0272 0,8951	0,6251 0,0006
Todmax	-0,0267 0,8971		0,6091 0,0010	0,0537 0,7943	0,6082 0,0010
Todtemp	0,6364 0,0005	0,6091 0,0010		0,383 0,8528	0,9922 0,0000
Precip	-0,0272 0,8951	0,0537 0,7943	0,383 0,8528		0,1626 0,4275
Temp y Prec.	0,6251 0,0006	0,6082 0,0010	0,9922 0,0000	0,1626 0,4275	

De la lectura de este cuadro se desprende que las precipitaciones no se corresponden con ninguna otra variable, ni siquiera con la suma de temperaturas y precipitaciones en las que entran a formar parte con un 19% de los casos. Son pues los valores dominantes de las temperaturas con el valor complementario del porcentaje, los que prevalecen. Parece, pues, ponerse de manifiesto que los mecanismos productores de las precipitaciones y de las temperaturas son independientes, aunque nosotros los aunemos bajo la denominación conjunta de «clima». En las restantes variables aparece lo que es obvio: que las temperaturas todas están influidas por las mínimas y las máximas casi en idéntica proporción, sólo ligeramente ordenadas en el sentido de la exposición. Y como es lógico también —por el peso que tienen en la variable final—el conjunto de las temperaturas explican la unión de temperaturas y precipitaciones.

Dicho de otro modo, si se realiza una correlación múltiple entre la variable dependiente (Temp. y Prec.) y los componentes se vuelve a ver la misma relación:

$$\text{Temp. y Prec.} = -0,001 + 0,804\text{Todtemp} + 0,196\text{Precip} + 0,00007\text{Todmin} + 0,000003\text{Todmax}$$

Con un coeficiente de determinación del 100%, resulta significativa la relación al 99% de nivel de confianza. Una vez más la última de las variables independientes no alcanza la significación estadística al 90% de nivel de confianza (valor $p = 0,6245$) por lo que se podría simplificar el modelo, sin que éste sufriera.

De aquí sacamos en conclusión que las precipitaciones se comportan aleatoriamente y ya sólo por ello cabría decir con la Estadística actuarial (LÓBEZ URQUÍA y CASA ARUTA, 1981) que si un componente, al menos, se comporta así, no se puede afirmar categóricamente que el resultado final tampoco lo sea.

Se ha realizado un cuadro final a modo de resumen de todas las incidencias quinquenales (Cuadro VI), en el cual puede relacionarse los períodos mencionados y un valor resultante de la división de la χ^2 por el valor crítico, a modo de medida de la

diferencia respecto del valor esperable (isoprobable). Cuanto más alta esta medida, tanto mayor la anomalía térmica, pues como se puede ver en el cuadro y ya ha sido comentado hasta la saciedad, las precipitaciones en este ensayo son aleatorias. Para una lectura cronológica lo más llamativo resulta la anomalía finidecimonónica, 1876-80, 1886-90 y 1871-75. Más lejos destacan los altos valores (relativos) del período 1986-1995. Ésta puede ser la causa de que se hable de cierto cambio climático, que, para ser seguro y no una simple anomalía que termina por devenir en reversible, debiera mantenerse en el futuro.

Cuadro VI

CUADRO RESUMEN DE INCIDENCIAS QUINQUENALES																						
Inicio	Final	P	T	Maxabs	Medmax	Minabs	Medmin	Med	SMa	SxM	Sma	Sxm	Sx	Todmax	lMa	lxM	lma	lxm	lx	Todmin	CONT.	MEDIA
1866	1870								2,0	3,1			1,7	3,1							9,9	2,48
1871	1875	3,1	1,4	1,5					3,9	2,1				2,6			1,6				16,1	2,31
1876	1880	10,9	2,0	2,8	1,8	3,0	1,6	2,7	4,7			1,0	7,3			1,7	4,0		4,2	47,7	3,67	
1881	1885															2,2	1,7		1,4	5,3	1,77	
1886	1890	1,6			1,2									1,9		6,3	4,7	2,3	10,2	28,2	4,03	
1891	1895															1,5	2,4			3,8	1,95	
1896	1900																					
1901	1905	1,7												1,2						2,9	1,45	
1906	1910																					
1911	1915																					
1916	1920													2,5	1,3	2,0			1,2	1,7	8,7	1,74
1921	1925													1,4							1,4	1,40
1926	1930	1,0																		1,5	2,5	1,25
1931	1935	1,3														1,3	1,5	2,2	5,7	11,9	2,40	
1936	1940																					
1941	1945																					
1946	1950																			2,5	2,5	2,50
1951	1955																					
1956	1960													1,3							1,3	1,30
1961	1965																					
1966	1970	1,0																			1,0	1,00
1971	1975												1,1	3,8	2,1					1,9	8,9	2,23
1976	1980	1,2												1,4							2,6	1,30
1981	1985																					
1986	1990				1,1	1,1				4,7		1,9	2,6							3,0	14,4	2,40
1991	1995											5,5	1,4	4,6						1,9	13,4	3,35
CONTAJE		21,8	3,4	4,2	4,2	4,1	1,6	8,6	9,9	4,7	5,5	7,1	36,8	3,4	3,3	11,6	15,9	5,7	33,9	185,7		
MEDIA		2,73	1,70	2,15	1,37	2,05	1,60	2,87	3,30	4,70	5,50	1,42	2,81	1,70	1,65	2,93	2,65	1,9	3,40			2,58

El cuadro resumen de las incidencias decenales (Cuadro VI) necesita, en primer lugar, una explicación. Como se sabe no se han recogido los datos de la primera mitad del primer decenio escogido (1861-70), como tampoco la segunda mitad del último (1991-2000). Por ello se ha optado por una solución «de compromiso», que ha consistido en la suposición de que estos datos no muestreados seguían idéntica

pauta que los restantes de la misma década. En algunos casos ello ha supuesto que la prueba de la χ^2 sea rebasada, aunque en otros no haya sido así. En definitiva los dos decenios extremos del estudio deben tomarse con estas salvedades.

Cuadro VII

CUADRO RESUMEN DE INCIDENCIAS DECENALES																						
Inicio	Final	P	T	Maxabs	Medmax	Minabs	Medmin	Med	SMa	SxM	Sma	Sxm	Sx	Todmax	IMa	IxM	Ima	Ixm	Ix	Todmin	CONTAJE	
1861	1870	2,0		1,7					6,1	8,9	1,2		4,6	8,4	2,3	2,0			1,3	1,3	39,8	
1871	1880	20,7	5,7	6,5	2,5	4,4	2,5	9,9	9,4				1,5	13,1			3,0	9,4		8,2	96,8	
1881	1890	3,8			2,1	1,8					2,2	1,3		1,8			13,4	10,4	5,1	17,8	59,7	
1891	1900	1,7			1,0	2,0				1,2				2,5					1,7		10,0	
1901	1910	4,5			1,1	2,6	1,6		1,2	1,0	2,1	2,0	4,5					0,0			20,7	
1911	1920				1,6	1,7				1,4			1,4	4,6	1,5	2,5			1,3		16,1	
1921	1930	2,2								1,9				2,2			1,3				7,6	
1931	1940								1,1	1,8				1,9					1,3	2,9	10,3	
1941	1950																	1,7		3,4	5,1	
1951	1960	1,7		1,1						1,6				1,9							6,3	
1961	1970	3,0							1,4					1,1					1,2	2,1	8,8	
1971	1980	2,0			1,2	1,4		1,1	2,8			1,7	3,2	9,3	3,5					1,3	27,5	
1981	1990				1,1						5,6		2,0	3,1					1,7	1,5	5,4	20,4
1991	2000										2,6	17,5	3,7	12,9	1,4				2,1	1,2	5,8	47,2
CONTAJE		41,6	5,7	9,3	10,5	13,8	4,1	19,6	30,3	12,6	22,6	18,5	67,4	8,7	5,8	17,8	29,6	10,3	48,1		376,2	

En segundo lugar, se procede al análisis por variable. Como ya se había comentado para las precipitaciones quinquenales, tampoco aquí aparece otro modelo que no pueda interpretarse como no aleatorio, lo que ya ha sido calificado para las precipitaciones en otras ocasiones. Las temperaturas globalmente y como sumatorio, no obstante, ofrecen un comportamiento bien diferente: denotan una desviación importante (de 41,6 veces la cifra crítica) de lo que sería la equiprobabilidad de los extremos. El resto del cuadro permite aislar cuál de los componentes es el que más influye en dicho comportamiento. Claramente se destaca los valores extremos superiores (Todmax), que afectan a todos los decenios menos al de 1941-50, con preeminencia del 1871-80. Luego le sigue en importancia la totalidad de los datos mínimos (Todmin). A su vez se puede argüir que para explicar el valor tan elevado de Todmax se debe acudir a los sumandos de las medias de las máximas (SxM) y las medias de las mínimas (Sxm). En el caso de las temperaturas inferiores son también las medias de las mínimas (Ixm) las causantes de las extremas. Y ello es llamativo pues equivale a restar importancia a las máximas o mínimas absolutas, a favor de las medias de ambas extremas. Éstas son las causantes de los cambios: no tanto los valores punta, cuanto la «persistencia» de los valores máximos o mínimos.

Si se realiza ahora un análisis según el parámetro cronológico debe decirse que las condiciones más llamativas de los extremos se han producido en la tantas veces mencionada «anomalía térmica finidecimonónica», pues afecta, por este orden, a

los decenios 1871-80 y 1881-90. Sólo muy detrás se encuentran los valores, en cualquier caso, inciertos, del primer y último decenios. El estudio podría haberse ampliado para los últimos momentos, y saldríamos de dudas, pero es imposible hacerlo para la primera década: insistimos, deben tomarse estos datos con bastante prevención.

Todo indica que hay que contestar negativamente a la pregunta que formulábamos en el título de este trabajo. Ha habido momentos más fríos y cálidos, de mayor concentración de variables climáticas, especialmente térmicas, en los últimos 150 años, y afectaron a numerosas estaciones peninsulares (y baleares). Una vez más se deja exponer la anomalía térmica finidecimonónica. Sólo más que discreta resulta una subida en la media de las mínimas para el quinquenio 1991-95.

Y, finalmente, parece que, si se analizara de éste un conjunto de variables más numeroso y para lugares geográficos dispares la tendencia sería a la equiprobabilidad, reduciendo la prueba hacia el cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMARZA, C.; LÓPEZ, J. A. y FLORES, C. (1996): *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación en España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- ALMARZA, C. (2000): Variaciones climáticas en España. Época instrumental. En BALAIRÓN, J. (coord.): *El cambio climático*, El Campo, Servicio de Estudios del BBVA, Madrid, n° 137, pp. 69-84.
- BENITO, A.; ORELLANA, P. y ZURITA, E. (1994): Análisis de la estabilidad temporal de los patrones de precipitación en España, pp. 183-193, en PITA, M^a F. y AGUILAR, M. (ed.): *Cambios y variaciones climáticas en España*, Universidad de Sevilla.
- BERNABÉ, J. M. y MATEU, J. F. (1976): Tratamiento estadístico de precipitaciones aplicadas al País Valenciano. *Cuadernos de Geografía*, Universidad de Valencia, n° 18, 1-25.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1975-76): Un siglo de observaciones térmicas en Sevilla: 1871-1970. *Cuadernos de Geografía de la Universidad de Granada*, n° 5-6, pp. 177-196.
- CREUS NOVAU, J.; FERNÁNDEZ CANCIO, A. y MANRIQUE MENÉNDEZ, E. (2000): Análisis de la variabilidad del clima español durante el último milenio, pp. 27-48 en BALAIRÓN, J. (coord.): *El cambio climático*, El Campo, Servicio de Estudios del BBVA, Madrid, n° 137, 530 pp.
- CUADRAT, J. M^a. (1989): «Las oscilaciones climáticas recientes en Zaragoza (1865-1984)». *Geographicalia*, 2^a época, n° 26, pp. 53-60.
- DE LUIS ARRILLAGA, M. (2000). Estudio espacial y temporal de las tendencias de lluvia en la Comunidad Valenciana (1961-1990). Geoforma Ediciones e Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert. Logroño, 112 pp.
- DUCE DÍAZ, E. (1996) Evolución secular de las precipitaciones de primavera en Alicante durante el período 1856-1990, en JUARISTI, J. y MORO, I. (coord.): *Modelos y sistemas de información en Geografía*, Comunicaciones al VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, SIG y Teledetección, Vitoria, pp. 48-58.
- GALÁN, E.; CAÑADA, R.; RASILLA, D.; FERNÁNDEZ, F. y CERVERA, B. (1999): Evolución de las precipitaciones anuales en la Meseta Meridional durante el siglo XX, pp. 169-180, en Raso Nadal, J.M. y Martín-Vide, J. (eds): *La climatología española en los*

- albores del siglo XXI, Asociación Española de Climatología, serie A, nº 1, Barcelona, 587 pp.
- GONZÁLEZ HIDALGO, J. C.; VICENTE, S. M.; DE LUIS, M.; SAZ, M.A.; ŠTĚPÁNEK, P.; RAVENTÓS, J.; CUADRAT, J. M^a.; CREUS, J. y FERRAZ, J. (2004): Las series instrumentales seculares de precipitación de las ciudades de Zaragoza (1858-2000), Huesca (1861-2000) y Teruel (1978-2000), pp. 155-171. En *Aportaciones Geográficas en Homenaje al Prof. A. Higuera Arnal*, Zaragoza, Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio, 413 pp.
- HUERTA, F. (1969): La lluvia media en la España peninsular en el período 1931-1960. SMN, Madrid, *Notas de Meteorología Sinóptica*, nº 21.
- INM (1996): El cambio climático: perspectiva general. Madrid, Coloquio sobre Cambio Climático, Fundación Ramón Areces. 50 pp ciclocopiadas
- LILLO CARPIO, M. J. (1976-77): Los cambios climáticos en Sierra Espuña (Murcia) entre 1892 y 1970. *Papeles del Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia*, nº 7, pp. 9-24.
- LÓBEZ URQUÍA, J. y CASA ARUTA, E. (1981): Estadística Intermedia. Baecelona, Vicens Vives, 341 pp.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1986): Evolución térmica en Madrid durante el presente siglo (1901-1980). En: «Quaternary Climate in Western Mediterranean». (LÓPEZ VERA, F. Ed.). Proceeding of the Symp. on Climatic Fluctuations during Quaternary in the Western Mediterranean Regions. Universidad Autónoma de Madrid. pp. 249-270.
- LORENTE, J. M^a. (1952): «Casi cien años de observaciones de temperaturas en Madrid». *Calendario Meteorofenológico*, 1952, pp. 127-142. Madrid.
- LORENTE, J. M^a. (1961): «Un siglo de observaciones de temperatura media anual en España». *Calendario Meteorofenológico*, 1961, pp. 133-138. Madrid.
- LOVELOCK, J. E. (1992): Gaia, una ciencia para curar el planeta. Barcelona, Integral (Oasis), 192 pp.
- PÉREZ CUEVA, A. (1983): Precipitaciones extraordinarias en España peninsular. *Agricultura y Sociedad*, 28, pp. 189-201.
- PÉREZ GRIJALBO, J. P. y CREUS NOVAU, J (1994): Tendencia secular de la precipitación en Zaragoza (1865-1984) en PITA, M^a. F. y AGUILAR, M (coord): Cambios y variaciones climáticas en España, Actas de la I^a Reunión del Grupo de climatología de la AGE, pp. 169-182.
- QUEREDA SALA, J. y MONTÓN CHIVA, E. (1996): Evolución y tendencia secular de las precipitaciones en la cuenca occidental del Mediterráneo, pp. 111-122, en MARZOL, M^a V., DORTA, P. y VALLADARES, P. (edit.): Clima y agua: la gestión de un recurso climático, La Laguna, Tabapress.
- RASILLA ÁLVAREZ, D. F.(1994): Los regímenes de precipitación en el norte de la Península Ibérica. *Estudios Geográficos*, nº 214, pp. 151-181.
- RASO NADAL, J. M.(1993): Evolución de las precipitaciones anuales en España desde 1870. *Notes de Geografía Física*, nº 22, pp.5-24.
- RASO NADAL, J. M. (1996): Evolución secular de las precipitaciones de primavera en la Meseta Septentrional de la Península Ibérica, en JUARISTI, J. y MORO, I. (coord.): Modelos y sistemas de información en Geografía, Comunicaciones al VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, SIG y Teledetección, Vitoria, pp. 147-154.
- SANZ DONAIRE, J. J. (1999 a): La climatologie est morte! Vive la climatologie! Reflexiones sobre el cambio climático. *Estudios Geográficos*, Madrid, CSIC, tomo LX, pp. 467-486

- SANZ DONAIRE, J. J. (1999 b): Variabilidad natural y antropoinducida en el «cambio climático»: el caso de la pluviometría de Soria. En RASO NADAL, J. M. y MARTÍN VIDE, J. (edit.): *La climatología española en los albores del siglo XXI*, Barcelona, Publicaciones de la AEC (Asociación Española de Climatología), Serie A, nº 1, pp. 491-500.
- SANZ DONAIRE, J. J. (1999 c): Escepticismo al «cambio climático»: el ejemplo de las temperaturas, Almería, *Nimbus*, nº 4, pp. 173-198.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2000 a): A propósito del cambio climático: una «nueva» definición de clima, pp. 285-294. En MANERO, F. (edit.): *Espacio natural y dinámicas territoriales*. Homenaje al Dr. D. Jesús García Fernández, Valladolid, Universidad de Valladolid, 694 pp.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2000 b): New definitions of climate and climatic change, *Bulletin of the Egyptian Geographical Society*, El Cairo, vol. 73, pp. 127-144.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2000 c): Los totales anuales de precipitación en Egipto y el «cambio climático», *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Madrid, nº 20, pp. 309-330.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2000 d): Autorregulación frente a «cambio climático»: uso de modelos no lineales con las temperaturas. Almería, *Nimbus*, nº 5-6, pp. 91-124.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2001): Cambios aleatorios de precipitación española en la fase instrumental en PÉREZ CUEVA, A. J.; LÓPEZ BAEZA, E. y TAMAYO CARMONA, J. (edit.): *El tiempo del clima*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (A.E.C.) Serie A, nº 2, Valencia, pp 219-233.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2002 a): Las precipitaciones mensuales madrileñas y el cambio climático, *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, tomo 137-38, Madrid, Homenaje a los profesores Antonio López Gómez y José María Sanz García, pp. 311-323.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2002 b): Un cambio climático que no existe: las precipitaciones en Madrid, pp. 443-457. En *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Madrid, Homenaje a José María Sanz García, 530 pp.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2003 a): Aleatoriedad de las series instrumentales de precipitación en España: otro caso en el que no se detecta el «cambio climático». *Estudios Geográficos*, Madrid, CSIC, nº 250, tomo 74, pp. 63-86.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2003 b): Arguments in Favour of Rainfall Randomness over Egypt, Cairo, *Bulletin of the Egyptian Geographical Society*, vol 76, pp. 95-119.
- SANZ DONAIRE, J. J. y JIMÉNEZ BLASCO, B. (2003): ¿Mayor variabilidad reciente de las precipitaciones en España? Otro «cambio climático» que no existe. Almería, *Nimbus*, nº 11-12, pp. 29-46.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2004): ¿Hay tendencia en las precipitaciones de algunos observatorios mexicanos?, pp. 347-360. En: *Aportaciones Geográficas en Homenaje al Prof. A. Higuera Arnal*, Zaragoza, Dpto de Geografía y Ordenación del Territorio, 413 pp.
- SANZ DONAIRE, J. J. (Coord.) (2005a): Ciclo de conferencias sobre el Cambio Climático. Madrid, Real Sociedad Geográfica, y Foro del Agua, 35 pp + un CD con el texto y gráfico de las ponencias. Prólogo en pp. 5 a 9.
- SANZ DONAIRE, J. J. (2005b): La problemática de las precipitaciones en el marco del Cambio Climático, en SANZ DONAIRE, J. J. (coord.): *Ciclo de conferencias sobre el Cambio Climático*, Madrid, Real Sociedad Geográfica y Foro del Agua, 35 pp + un CD con el texto y gráfico de las ponencias.
- SANZ DONAIRE, J. J. y JIMÉNEZ BLASCO, B. (en prensa): Pautas espaciales en la variabilidad de las precipitaciones españolas, Madrid, *Estudios Geográficos*, 20 pp.
- SANZ DONAIRE, J. J. y MANUEL GARCÍA, C. M. (en prensa): Aleatoriedad geográfica en los cambios de precipitación de las series más largas de España. *Estudios Geográficos*, Madrid, 25 pp.