

La aplicación del método estadístico en Climatología: 105 años de lluvias en Barcelona (1866-1970) (1)

por LUIS MIGUEL ALBENTOSA

La climatología, como ciencia retrospectiva basada en el estudio de los fenómenos que se producen en la atmósfera, ha tenido que apoyarse en la cuantificación de dichos fenómenos. En los primeros estadios de su historia, este proceso fue muy primario; se limitó a establecer una serie de valores, llamados «normales» (medias aritméticas de series lo más largas posibles), de frecuencias, intensidades, ocurrencia o no, etc., de los diferentes hechos meteorológicos. El desarrollo de las ciencias físicas y matemáticas y, sobre todo, la aplicación de la estadística permitió un notable enriquecimiento metodológico de la climatología. La incorporación de estas técnicas resultó particularmente interesante para los estudios de regiones de latitudes medias, en las que son importantes las variaciones que experimentan los distintos ritmos —diario, mensual, estacional, etc.— en relación con los frecuentes intercambios energéticos de dirección meridiana. Estas fluctuaciones son las que con mayor fuerza han justificado y reclamado la utilización de métodos que valoren la presencia, intensidad, periodicidad, etc., de los fenómenos y su influencia sobre los distintos elementos meteorológicos, y que, en consecuencia, permitan establecer una serie de leyes o principios de ocurrencia a través de los índices de probabilidad. Por otra parte, estos parámetros tienen notable interés en climatología aplicada (agricultura, turismo, construcción, seguros, etc.). Con este fin, la estadística ofrece un amplio abanico de técnicas que hacen posible la cuantificación exhaustiva de los fenómenos meteorológicos, en orden a la obtención de uno o varios parámetros que reflejan el comportamiento de una serie más o menos larga de las características de los individuos que componen una población estadística. A. Baldit, a principios del tercer decenio del siglo, propuso cuatro valores para realizar un completo estudio de un elemento: promedio, valores

(1) Por motivos de espacio, el trabajo ha sido dividido en dos partes. En esta primera analizamos los caracteres estadísticos de la serie de valores anuales. En la segunda parte, que se presentará en el siguiente volumen, estudiaremos el régimen anual.

extremos, variabilidad y frecuencia (2). En términos semejantes se expresaron otros autores, de tal manera que, generalizando, se pueden agrupar las técnicas estadísticas incorporadas en dos apartados: *a*) Aquellas que contribuyen a determinar las peculiaridades de la población a partir de la muestra, y que comprenderían las características de tendencia central (media, moda y mediana) y las de dispersión (desviación tipo, distancia semiintercuartílica, amplitud y variancia), y *b*) por otra parte, las que con el cálculo de probabilidades de los parámetros correspondientes a los conceptos anteriores pueden obtener unos principios generales que expresen el comportamiento de la población (3).

Este método de trabajo —se ha llegado a hablar de climatología estadística— ha contado con numerosos y prestigiosos impulsores. Así, P. Péguy, defensor a ultranza de la utilización en climatología de técnicas matemáticas, pretende basar el estudio del clima en el cálculo de frecuencias, y ha llegado a decir que «los métodos clásicos no parecen haber apurado sus perfeccionamientos posibles, aprovechando las técnicas matemáticas» (4); A. Miller, en una obra concebida para sus alumnos de la universidad de Readin, no pretende más que generalizar en climatología el análisis estadístico (5). También en España encontramos desde muy pronto decididos defensores de la aplicación de la estadística a la climatología, como los catalanes M. Álvarez Castrillón y E. Fontseré. Este último, en 1930, cuando todavía no era frecuente la aplicación de la estadística a la climatología, afirmaba que «detrás de los millones de cifras que llevan anotados en sus registros los observatorios esparcidos por todo el mundo, se hallan escondidos fenómenos del mayor interés científico y económico, y es precisamente reglamentando la discusión de aquellos datos desde el punto de vista de la estadística moderna como se ha de lograr que tales fenómenos salgan a la luz, revelándose entonces lo que tengan de sistemático y lo que presenten de actual» (6). M. Álvarez Castrillón, desde comienzos del segundo decenio de este siglo, aplica las técnicas estadísticas a los estudios que realiza acerca de la humedad, vientos, temperatura, etc., en el Observatorio Fabra o en la estación meteorológica de Barcelona (7). Entre los meteorólogos españoles defensores de la aplicación de la estadística a la climatología hay que destacar también a J. M. Jansá, aunque sus trabajos son posteriores a los de Álvarez Castrillón y E. Fontseré. Jansá, en su trabajo «La climatología como ciencia geográfica», llega a la conclusión de que sólo a través

(2) BALDIT, A.: *Les éléments météorologiques du climat*, en *Traité de climatologie biologique et médicale*, de M. Piéry y cols., vol. I, págs. 16-26, París, 1934.

(3) ALBENTOSA, L. M.: *Los climas de Cataluña. Estudio de climatología dinámica* (tesis doctoral), vol. I, pág. 105, inédita.

(4) PEGUY, P.: *Précis de Climatologie*, pág. 63, 1970.

(5) MILLER, A.: *La piel de la Tierra*, pág. 143, 1970.

(6) FONTSERÉ, E.: *Discurso de contestación a M. Álvarez Castrillón en el acto de recepción de este último en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, págs. 585-590, 1930.

(7) Una relación bibliográfica exhaustiva del autor aparece en M. CAMPANY: *Bibliografía de la meteorología catalana*, «Notes d'Estudi del Servei Meteorologic de Catalunya», n.º 68, págs. 339-517, Barcelona, 1937.

del análisis estadístico del material de observación se puede tener algún elemento suficientemente permanente para que adquiera categoría geográfica (8).

Ahora bien, aun admitiendo que estas técnicas han supuesto importantes mejoras en los estudios de climatología, el análisis de las series carece del valor sintético y explicativo que debe caracterizar a los estudios climatológicos. Esto queda suficientemente aclarado con la consideración de las posibilidades de utilización de correlaciones, aspecto básico de la climatología matemática. En este sentido, es evidente que aunque de una región se elaboren numerosas correlaciones, nunca se podrá deducir de ellas el mecanismo físico que relaciona dos hechos, puesto que cabe la posibilidad de que sean consecuencia de un tercero y, además, es posible que no estén ligados por una relación directa de causalidad. Como dice A. H. Gordon, se tiene la costumbre de pensar que, en climatología, como en física atómica o en astronomía, las relaciones basadas en la interpretación estadística de gran número de valores representan una descripción aproximada de los hechos que merecen la categoría de leyes (9). Es cierto que la mayor parte de los problemas que plantea la atmósfera se han de tratar matemáticamente; también es evidente que el análisis matemático contribuye a orientar las investigaciones; sin embargo, no se debe olvidar que la climatología debe su evolución al desarrollo de la física; por tanto, la explicación de los climas se ha de basar en la observación y análisis de los fenómenos y sus interrelaciones, es decir, en la física de la atmósfera. La elaboración estadística de las series sólo plantea unos problemas cuya solución debe buscarse en el estudio de los mecanismos físicos de la atmósfera y, particularmente, en las variaciones diarias de su circulación. Este planteamiento metodológico justifica el que presentemos ahora el trabajo —cuatro años después de su elaboración—, una vez analizada la circulación regional.

Finalmente, no se pueden olvidar las dificultades y riesgos propios del método estadístico, que, con frecuencia, han quedado reflejados en muchos trabajos en conclusiones erróneas. Aunque la estadística sea una ciencia fundamentada en las matemáticas, las dificultades aparecen sobre todo en la fase en que menos intervienen: en el recuento inicial de los informes. La naturaleza de los fenómenos sometidos a investigación puede crear una seria influencia sobre los números recogidos; también importa definir con precisión el carácter del fenómeno estudiado y los procedimientos de medida que se han de utilizar. Los riesgos aparecen en la fase de interpretación. Aunque los números no pueden mentir, el estudio poco científico y el análisis incorrecto de las estadísticas conducen a conclusiones erróneas. La interpretación de los resultados es casi siempre difícil; se requiere un juicio agudo y gran prudencia para formular una generalización. En este sentido, ya en 1930, M. Álvarez Castrillón decía que «era conveniente aplicar los métodos de la estadística matemática después de una discusión de los mismos, y, contrastar siempre, además, los resultados con el estudio de los hechos» (10).

(8) JANSÁ, J. M.: *La climatología como ciencia geográfica*, págs. 570-571, Madrid, 1954.

(9) GORDON, A. H.: *Climatologie dynamique*, pág. 131, Ginebra, 1953.

(10) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Estudio estadístico de algunas curvas de frecuencias en el Observatorio Fabra*, págs. 559-584, Barcelona, 1930.

LOS VALORES PLUVIOMETRICOS ANUALES EN LA ESTACION DE BARCELONA

Las observaciones pluviométricas más antiguas realizadas en Barcelona se remontan a 1858, pero sólo a partir de 1866 disponemos de registros completos, ininterrumpidos y de ciertas garantías (11). Por ello, hemos prescindido de los ocho años anteriores a la última fecha, centrandó el análisis en los 105 años comprendidos entre 1866 y 1970 (cuadro 1), con los que se ha elaborado la figura 1,

CUADRO 1

Valores pluviométricos anuales. Estación de Barcelona (1866-1970)

Año	Precip. (mm)	Año	Precip. (mm)	Año	Precip. (mm)	Año	Precip. (mm)
1866	744,7	1893	419,0	1920	920,6	1947	415,5
67	448,1	94	551,0	21	851,0	48	538,0
68	558,0	95	386,0	22	571,9	49	428,3
69	416,2	96	621,0	23	462,8	1950	376,7
1870	540,2	97	602,0	24	463,6	51	1047,8
71	718,9	98	680,0	25	515,9	52	475,6
72	966,2	99	482,0	26	593,8	53	734,5
73	488,2	1900	577,0	27	366,9	54	621,1
74	517,8	01	735,5	28	653,4	55	625,3
75	879,4	02	683,5	29	441,6	56	634,3
76	581,6	03	384,1	1930	573,1	57	618,9
77	288,0	04	427,4	31	628,2	58	482,8
78	278,4	05	435,3	32	670,7	59	998,2
79	597,5	06	507,5	33	679,3	1960	602,7
1880	425,7	07	802,0	34	510,0	61	553,0
81	480,1	08	511,0	35	526,7	62	836,9
82	482,0	09	506,0	36	672,6	63	783,7
83	440,0	1910	458,0	37	449,8	64	491,9
84	548,0	11	455,0	38	561,5	65	645,6
85	466,0	12	376,4	39	545,0	66	580,6
86	308,0	13	509,5	1940	465,3	67	565,2
87	378,0	14	640,5	41	607,8	68	598,5
88	458,0	15	771,3	42	683,4	69	893,3
89	537,0	16	594,8	43	603,3	1970	506,5
1890	600,0	17	599,8	44	801,2		
91	614,0	18	890,9	45	382,5		
92	445,0	19	610,0	46	585,5		

(11) Las primeras observaciones se realizaron en el torreón E de la Universidad, situado a 1,5 km del mar y 4 km del Tibidabo; la boca del pluviómetro se encontraba a 36 m sobre el nivel del suelo y sobresalía 35 cm de la baranda del torreón. En 1938, el Observatorio se trasladó a una casa rodeada de jardín (Travesera de Dalt, 110), situada a 4,5 km del mar y a 2 km del Tibidabo, estando ubicado el pluviómetro a 1,5 m del suelo. Finalmente, en 1970 se trasladó al edificio del Sector Aéreo de Cataluña (Avda. García Morato s/n.), emplazado a 100 m del mar, situando el pluviómetro a 36,5 m de altura.

que representa el régimen interanual y el promedio del período, promedio que queda establecido en 573,4 mm. La estructura de la figura muestra la necesidad de interpretar con suma precaución el valor de dicho promedio, resultante de parámetros tan dispares como 278,4 mm en el año más seco (1878) y 1.047,8 mm en el más lluvioso (1951), que expresan una variabilidad extrema (3,76 de cociente). Evidentemente, una cifra promedio constituye una abstracción que enmascara, e incluso oculta, aspectos importantes, de ahí que sea necesario realizar un breve análisis de la serie.

Por último, aunque el estudio se basa en la serie de observaciones facilitada por el Servicio Meteorológico Nacional, hemos tenido presente los valores elabora-

PRECIPITACIONES TOTALES EN MILIMETROS (Período 1858-1970)

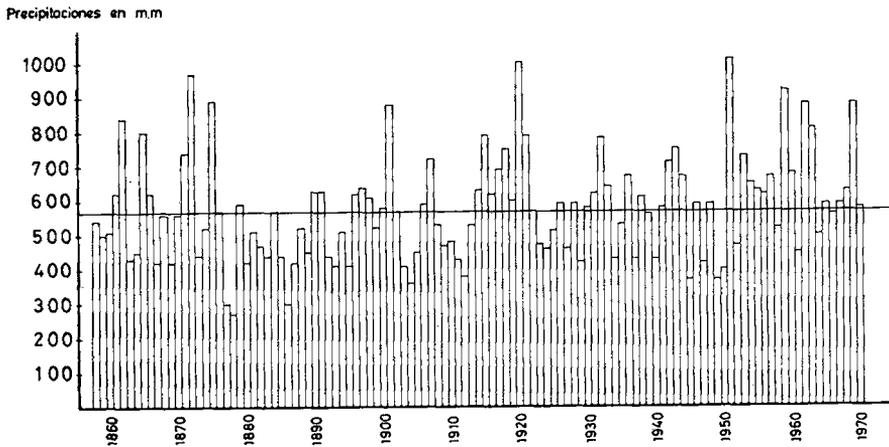


FIG. 1.

dos por los autores que realizaron trabajos sobre la región catalana o sobre el conjunto de la Península Ibérica: Hellmann (12), Angot (13), Semmelhach (14), Dowe (15), Iñiguez (16), Patxot (17), Febrer (18), y Wrobel (19).

(12) HELLMANN, G.: *Die Regenverhältnisse der Iberischen Halbinsel*, pág. 314, Berlín, 1888.

(13) ANGOT, A.: *Régime des pluies de la Péninsule Ibérique*, pág. 158, París, 1895.

(14) SEMMELHACH, W.: *Beiträge zur Klimatographie von Nordspanien und Portugal*, pág. 170, Hamburgo, 1910.

(15) DOWE, H. W.: *Regen in Spanien*, pág. 57, Berlín, 1878.

(16) IÑIGUEZ, F.: *Las lluvias en nuestra península*, pág. 210, Madrid, 1909.

(17) PATXOT, R.: *Pluviometría catalana. Resultats del cinquenni 1906-1910, publicats amb la col·laboració dels observadors de Catalunya*, pág. 260, San Feliu de Guixols, 1912.

(18) FEBRER, J.: *Atlas pluviométric de Catalunya*, pág. 350, Barcelona, 1930.

(19) WROBEL, J. J.: *Das Klima von Katalonien und der Provinz Castellón auf Grund der spanischen Wetterbeobachtungen der Jahre 1906 bis 1925*, pág. 95, Hamburgo, 1940.

Características estadísticas de la serie

Con el fin de abreviar el proceso de elaboración se ha procedido a agrupar los parámetros en 16 clases, que garantizan una pérdida mínima de información; se trata de un número de grupos que duplica exactamente la cifra necesaria para realizar con garantías el análisis de las características del conjunto (media, mediana, moda y desviación tipo). Las clases se establecen a partir de 250 mm y mantienen un intervalo constante de 50 mm.

MEDIA. La media estadística del período es de 573,6 mm, destacándose la casi total coincidencia con el promedio aritmético (573,4 mm). En efecto, la diferencia de 0,2 mm representa una cantidad de lluvia inapreciable. Sin embargo, se ha obtenido sólo la media de un número concreto de años, 105, que, por simple cuestión de azar, según criterio estrictamente estadístico, muy bien podría corresponder a un período de años particularmente lluviosos o, por el contrario, especialmente secos. Ahora bien, para un estudio climático, esta serie

FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

(Período 1866 - 1970)

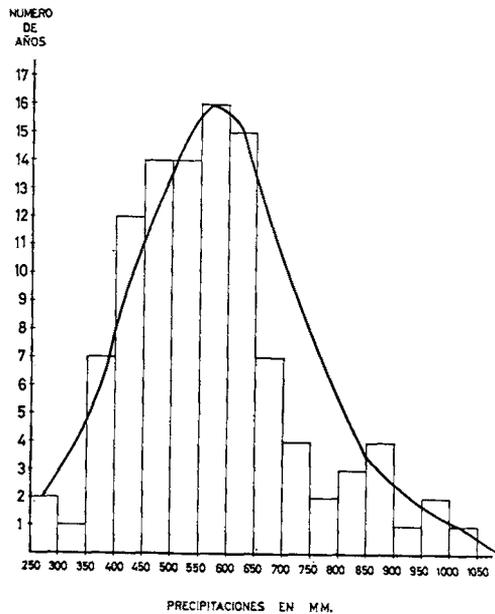


FIG. 2

supera claramente la amplitud óptima, que estaría entre 40 y 50 años para una estación de las características geográficas de Barcelona. No obstante, partiendo de la base de que resulta imposible obtener la media de una población infinita, con-

vendría averiguar, prescindiendo de la posibilidad de cambios climáticos, los valores extremos entre los cuales se situaría este parámetro, mediante el cálculo de la fiabilidad:

$$\text{media} = \bar{x} \pm z\alpha \cdot \sigma_{\bar{x}} = 573,6 \pm 1,96 \cdot \frac{152,3}{\sqrt{105-1}} = \begin{cases} 602,88 \text{ mm} \\ 544,32 \text{ mm} \end{cases}$$

Aunque la media no se aparta considerablemente del promedio estadístico (573,6 mm), sería posible una diferencia de 29,8 mm por defecto o por exceso. Es decir, con un riesgo de primera clase del 5 %, la media podría situarse en cualquiera de los valores comprendidos entre 544,32 y 602,88 mm.

MEDIANA. Esta característica expresa la probabilidad media de lluvia. En tal sentido, se puede afirmar que la mitad de los años del período considerado en Barcelona reciben cantidades de precipitación superiores a 557,88 mm, mientras que la otra mitad no alcanzan este nivel. El valor de la mediana, al depender únicamente de las observaciones situadas a uno y otro lado del parámetro central, es independiente de la intervención de precipitaciones extremas y del valor propio de las precipitaciones. Por consiguiente, la media ofrece una imagen más aproximada de las precipitaciones anuales que la mediana.

No puede sorprender que el valor de la mediana sea inferior al de la media; es más, normalmente sucede así, en cuanto que por encima de la mediana la variación puede ser ilimitada, y por debajo tiene como límite cero.

El cálculo de la fiabilidad de la mediana permite establecer los límites entre los cuales puede aparecer este valor. Aplicado al caso de Barcelona resultan:

$$\text{Med.p} = \text{med.}_{105} \pm 1,96 \cdot \sigma_{\overline{\text{med.}}_{105}}$$

$$\sigma_{\overline{\text{med.}}_{105}} = 1,25 \cdot \sigma_{\bar{x}} = 1,25 \cdot \frac{\sigma_m}{\sqrt{N-1}}$$

$$\text{Med.p} = 557,8 \pm 1,96 \cdot 1,25 \cdot \frac{152,3}{\sqrt{104}} = \begin{cases} 594,40 \text{ mm} \\ 521,19 \text{ mm} \end{cases}$$

Así pues, en el supuesto de que no exista un cambio de clima, se puede asegurar, con un riesgo del 5 %, que la mediana debe estar comprendida entre los valores 594,40 mm y 521,19 mm, aunque posiblemente se aproxime a los 557,8 mm, que a efectos prácticos aceptamos como parámetro.

MODA. En el histograma representado en la figura 2 destaca el intervalo (550-600(como el de máxima frecuencia. Un segundo intervalo (850-900(, separado del anterior, supera a los que le rodean por ambos lados. Aunque no tratamos de presentar este último intervalo como una segunda moda, sería importante averiguar las circunstancias que originaron precipitaciones superiores a 800 mm, ante la posibilidad de que alguna causa esporádica o periódica determinara estos parámetros elevados. En caso de que esta hipótesis pudiera comprobarse, estaría justificado aceptar la distribución de frecuencias como bimodal. Se trata de una simple conjetura que no es posible estudiar con mayor detenimiento en este trabajo.

CARACTERÍSTICAS DE DISPERSIÓN. Las características analizadas en los apartados anteriores se refieren al comportamiento global de la serie; de ahí el que se las denomine «características de tendencia central». También es necesario establecer los límites entre los cuales se encuentran los valores de distribución. Con este fin hemos calculado la amplitud y la desviación típica.

En cuanto a la amplitud, como señalamos anteriormente, los valores de la serie oscilan entre el mínimo registrado de 278,4 mm (1878) y el máximo de 1.047,8 mm (1951). Por tanto, quedaría definida de la siguiente manera:

$$W = (x_{\text{máx.}} - x_{\text{mín.}}) + 0,1 = 1.047,8 - 278,4 + 0,1 = 769,5 \text{ mm}$$

La desviación típica ofrece un doble interés: como parámetro representativo de la población y como instrumento para la obtención de otros valores importantes (coeficiente de variabilidad, intervalo de confianza, etc.). Aplicada a la serie pluviométrica de Barcelona se ha obtenido un valor de 152,3 mm.

Con las dos principales características de tendencia central (media) y de dispersión (desviación tipo) hemos hallado el coeficiente de variabilidad (C. V. = $\frac{\sigma}{m} \cdot 100$), que ha dado un valor de 26. Este valor concuerda con los elaborados por Biel para el dominio mediterráneo. Indica un grado de seguridad de precipitaciones muy reducido, lo que supone que la estación puede registrar sequías prolongadas (20).

Comprobación de la normalidad de la distribución

En el apartado anterior se ha podido comprobar que las tres características de tendencia central —media, mediana y moda— se encuentran comprendidas en el intervalo (550-600). Por ello, después de observar la figura 2, se puede sospechar que la distribución sigue una ley normal. El método más sencillo y objetivo para comprobar esta hipótesis consiste en aplicar la prueba de Kolmogorov, que, en síntesis, se limita a calcular las diferencias entre los porcentajes acumulados de las distribuciones empírica y teórica, para comparar la mayor de ellas con el valor correspondiente de la tabla de Lilliefors:

— mayor diferencia entre las distribuciones empírica y teórica: 0,0764,

— diferencia mayor permitida por la tabla de Lilliefors: $\frac{0,886}{\sqrt{105}} = 0,0865$.

Al cumplirse la desigualdad:

$$\| F_i - F_t \| < \frac{0,886}{\sqrt{N}}, \text{ o sea, } 0,0764 < 0,0865$$

se puede admitir, con un riesgo de primera especie del 5 %, que la distribución de los totales anuales de lluvias en Barcelona sigue una ley normal.

Características generales del régimen interanual de precipitaciones

De la observación de los *cuadros 1, 2 y 3* destaca claramente la irregularidad interanual de las precipitaciones. Después de unos años normales o ligeramente lluviosos (1866-1875) se inicia un largo período seco de unos 15 años (1876-1895),

CUADRO 2

Valores de precipitación elaborados por varios autores y correspondientes a los tres últimos «períodos internacionales». Estación de Barcelona

<i>Período</i>	<i>Autor</i>	<i>Precipitación (mm)</i>
1857-1882	Hellmann	570,0
1861-1890	Angot	537,0
1861-1900	Semmelhack	536,0
1865-1870	Dove	562,9
1866-1900	Iñiguez	516,0
1871-1900	1.º período intern.	527,2
1896-1910	Patxot	550,0
1861-1925	Febrer	554,3
1901-1930	2.º período intern.	577,1
1906-1925	Wrobel	600,7
1931-1960	3.º período intern.	599,1

CUADRO 3

Valores pluviométricos quinquenales. Estación de Barcelona (1866-1970)

<i>Quinquenios</i>	<i>Promedio precipitación (mm)</i>
1866-1870	541,42
1871-1875	714,10
1876-1880	434,24
1881-1885	483,22
1886-1890	456,2
1891-1895	483,0
1896-1900	592,4
1901-1905	533,16
1906-1910	556,90
1911-1915	550,54
1916-1920	723,22
1921-1925	573,04
1926-1930	525,76
1931-1935	602,98
1936-1940	538,84
1941-1945	615,64
1946-1950	468,80
1951-1955	700,86
1956-1960	667,38
1961-1965	662,22
1966-1970	628,90

sólo interrumpido por algunos casos aislados de lluvias ligeramente superiores al promedio del período. A partir de 1896, y hasta 1910, se rompe el ritmo descendente general de la curva pluviométrica, iniciándose un ligero aumento, aunque todavía continúan siendo frecuentes los años de indigencia de agua. El promedio obtenido por J. Febrer refleja esta tendencia, que, a su vez, es confirmada por el valor de J. H. Wrobel para el período 1906-1925. Sin embargo, el período 1908-1913 registra totales anuales que permanecen claramente por debajo de la media del período, destacándose sobre todo el año 1912, en el que sólo se registraron 378 mm. Hasta 1914, el promedio anual no supera los 600 m. Por el contrario, desde este último año hasta 1921 los valores anuales se mantienen por encima del nivel de 600 mm (21), destacándose como años particularmente lluviosos 1915 (791,3 mm), 1920 (996,8 mm) y 1921 (789,6 mm).

Desde 1922 hasta 1925 vuelve a descender el promedio anual por debajo de los 600 mm, destacándose como años indigentes 1923 y 1924, durante los cuales los totales apenas rebasan los 450 mm.

Finalmente, en 1925 se inicia una nueva ascendencia de los valores anuales que, en líneas generales, se mantiene hasta el final de la serie, aunque interrumpida por años especialmente secos como 1927, 1945, 1946 y 1950, que no alcanzan el nivel de los 400 mm.

Clasificación de los años climáticos en función del total pluviométrico

La clasificación de los valores anuales de precipitación se puede basar en diferentes criterios. En el caso que nos ocupa, siguiendo las recomendaciones de la OMM. de H. Grisolle, B. Guilmet y R. Arlery (22), hemos optado por utilizar como base la repartición por quintiles, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\begin{array}{ll} Q_1 = 445,8 \text{ mm} & Q_3 = 590,6 \text{ mm} \\ Q_2 = 521,4 \text{ mm} & Q_4 = 671,4 \text{ mm} \end{array}$$

Estos valores permiten distinguir cinco grupos de totales pluviométricos anuales:

- 1.º años muy secos: aquellos que reciben cantidades inferiores a 445,8 mm;
- 2.º años secos: los que reciben precipitaciones comprendidas entre 445,8 y 521,4 mm;
- 3.º años normales: reciben cantidades superiores a 521,4 mm e inferiores a 590,6 mm;
- 4.º años lluviosos: reciben entre 590,6 y 671,4 mm de precipitación;
- 5.º años muy lluviosos: superan los 671,4 mm.

(21) De los valores-promedio elaborados por los distintos autores, cuyas cifras recogemos en el cuadro 2, sólo el facilitado por J. H. Wrobel alcanza los 600 mm.

(22) GRISOLLET, H., GUILMET, B., y ARLERY, R.: *Climatologie. Méthodes et pratiques*, pág. 183, París, 1962.

Aplicando estos valores límite a la serie de observaciones utilizada (cuadro 1), se aprecia la falta de un ritmo determinado. Sin embargo, se distinguen con claridad algunas singularidades:

— En general, el período analizado de la segunda mitad del siglo XIX y el primer decenio del XX pueden ser considerados como una larga etapa de indigencia pluviométrica. Este aspecto se presenta con particular claridad durante los 35 años comprendidos entre 1876 y 1910. En ese período, 13 años pueden ser considerados como «muy secos» y 7 como «secos», representando en conjunto algo más del 57 % de los valores anuales. Agrupando los valores en quinquenios y considerando que éstos aparecen claramente singularizados cuando al menos tres de los años quedan clasificados en un mismo quintil, se pueden considerar como particularmente deficitarios en agua los siguientes quinquenios: 1876-1880, 1891-1895 y 1901-1905 (muy secos), y 1881-1885 y 1906-1910 (secos). Esta consideración cualitativa adquiere relevante interés si se tiene en cuenta que en la mayoría de los casos los restantes años de cada uno de los quinquenios quedan clasificados como años normales.

— Por el contrario, a partir de 1911 se reducen considerablemente los valores anuales considerados como «muy secos» y «secos», en beneficio de los «muy lluviosos» y, sobre todo, de los «lluviosos». Mientras que aquéllos sólo suponen el 30 % del total de años, el grupo de años lluviosos representa algo más del 50 %. Además, se aprecia una notable reducción de años «muy secos» y una menor concentración, aparte de que los mínimos son menos profundos. En contrapartida, ha aumentado la frecuencia de años «muy lluviosos», aunque es el cuarto quintil (años lluviosos) el que adquiere mayor peso en la consideración cualitativa del período.

Estas observaciones aparecen confirmadas por los resultados obtenidos en la elaboración de los deciles extremos:

$$D_1 = 402,5 \text{ mm}$$

$$D_9 = 808,3 \text{ mm}$$

Aplicando estos límites a la serie analizada se observa que el 67 % de los años considerados como «muy secos» aparecen en el mismo período 1876-1910. Por el contrario, el 78 % de los años «muy lluviosos» quedan englobados entre 1911 y 1970.

Estos resultados plantean la posibilidad de que se haya producido un cambio climático. Ahora bien, estas apreciaciones carecen de la consistencia necesaria para obtener de ellas una conclusión fiable, e insistiremos posteriormente.

Los períodos internacionales

Con el fin de profundizar en el análisis de las características de la serie, hemos subdividido ésta en los tres «períodos internacionales» que engloba (1871-1900; 1901-1930 y 1931-1960), a pesar de que ello supone prescindir de 15 de los totales anuales de la serie. Teniendo en cuenta que estas agrupaciones de años recomendadas por la OMM sirven de base a la mayor parte de trabajos,

facilitará las comparaciones con otras estaciones. De cada uno de estos períodos hemos elaborado y analizado la media, la mediana, la moda y la desviación típica.

MEDIA. Hemos elaborado la media de cada uno de los períodos según los dos procedimientos normales en estadística. En primer lugar, la media aritmética de cada una de las series de 30 años, forma que ofrece la máxima precisión. En segundo lugar hemos calculado la media después de una agrupación de los valores en ocho clases; este mecanismo es menos preciso, pero, en contrapartida, facilita la elaboración y permite hallar la desviación típica, cálculo que hemos realizado a partir de la variancia, rectificada con la corrección de Shepard. En el cuadro siguiente presentamos los resultados obtenidos (en milímetros) para cada uno de los «períodos internacionales».

	PERÍODO		
	1871 - 1900	1901 - 1930	1931 - 1960
Media (1.º procedimiento)	527,2	577,1	599,1
Media (2.º procedimiento)	523,3	576,6	603,4 (23)
Desviación típica	157,4	157,4	154,9

Las diferencias que se aprecian entre las medias de los tres períodos son lo suficientemente importantes como para plantear de nuevo la hipótesis de que sean consecuencia de un cambio climático. Por consiguiente, parece necesario averiguar si estos contrastes son significativos o, por el contrario, son producto del azar. Para ello hemos de comparar las «razones críticas» con la «t» de Student, ya que las series de 30 años deben ser consideradas como muestras pequeñas.

Las reglas de decisión que interesan serían:

1.º Comparación de los períodos primero y segundo (24):

$$R.c._{12} = \frac{\|\bar{x}_1 - \bar{x}_2\|}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\sqrt{N_1 - 1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{\sqrt{N_2 - 1}}\right)^2}} = \frac{\|523,3 - 576,6\|}{\sqrt{\left(\frac{157,4}{\sqrt{29}}\right)^2 + \left(\frac{154,7}{\sqrt{29}}\right)^2}} = 1,2$$

Dado que con un $\alpha=0,05$ y en función de $\nu=58$ la «t» de Student es sensiblemente igual a 2,000, (valor que correspondería a $\nu = 60$) y $R.c. = 1,2 < 2,000$, no se puede afirmar que las diferencias entre los totales pluviométricos de ambos períodos signifiquen un cambio climático.

2.º Comparación de los períodos primero y tercero:

$$R.c._{13} = \frac{\|\bar{x}_1 - \bar{x}_3\|}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_3}} = \frac{\|523,3 - 603,4\|}{\sqrt{\left(\frac{157,4}{\sqrt{29}}\right)^2 + \left(\frac{154,9}{\sqrt{29}}\right)^2}} = 1,95$$

(23) La aplicación del segundo método en el caso donde el error es mayor —período 1931-60— supone una diferencia de 4,3 mm, lo que representa sólo el 0,71 % del total.

(24) Significado de los símbolos empleados: R.c. = razón crítica; X = riesgo; D = grados de libertad, y $\sigma_{x_1 - x_3}$ = error tipo.

En este caso se cumple también la desigualdad: $R.c. = 1,95 < 2,000$. Es decir, incluso una diferencia del orden de 71,9 mm (12,5 % del promedio de la serie completa) puede ser resultado del azar y no supone necesariamente que se haya producido un cambio climático.

Evidentemente, no es necesario comparar los dos últimos períodos, ya que la media del segundo se encuentra entre los valores del primero y tercero, y también es menor la desviación típica. Sin embargo, dos hechos llaman la atención: a) las precipitaciones han aumentado de un período a otro, apreciándose entre el primero y el segundo un incremento del 10 % y algo más del 5 % entre el segundo y el tercero; b) si la diferencia entre los períodos primero y tercero se elevase a 82 mm, es decir, sólo 1,9 mm más de los resultados que hemos obtenido, siempre y cuando las desviaciones típicas se mantuvieran constantes, el azar no sería suficiente para justificar tal diferencia. En este caso habría que aceptar la solución de un cambio climático.

MEDIANA. Los valores de la mediana de cada uno de los tres «períodos internacionales» son los siguientes:

Período 1871-1900

$$\begin{aligned} \text{Med.}_1 &= x_{a \text{ med}_1} + \frac{h}{2} + \frac{h \left(\frac{N_1}{2} - \sum_1^{nm} \alpha_{\text{med}_1} n_i \right)}{n_{\text{med}_1}} = \\ &= 350 + 50 + 100 \left(\frac{15-5}{10} \right) = 500,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Período 1901-1930

$$\text{Med.}_2 = 450 + 50 + 100 \left(\frac{15 - 10}{10} \right) = 550,0 \text{ mm}$$

Período 1931-1960

$$\text{Med.}_3 = 500 + 50 + 100 \left(\frac{15 - 14}{10} \right) = 610,0 \text{ mm}$$

Es decir, en cada uno de los «períodos internacionales» la mitad de los años registran totales pluviométricos superiores a 500 mm (1871-1900), 550 mm (1901-1930) y 610 mm (1931-1960). Esta característica queda comprobada con el recuento de los valores de la serie. Únicamente en el tercer período, los valores que superan la mediana se limitan a 13 años, lo que, evidentemente, significa un pequeño error de escasa trascendencia, que puede resultar de la agrupación de parámetros efectuada para simplificar las operaciones o de la pequeñez de la muestra.

En cuanto a los resultados obtenidos, se observa que la desigualdad entre las medianas correspondientes a los dos primeros períodos no parece significar una

discrepancia importante. En cambio, la mediana del tercer período se aparta considerablemente de las anteriores, particularmente de la primera. Para conocer si, efectivamente, la diferencia máxima entre los dos períodos extremos es significativa hemos aplicado la regla de decisión que consiste en hallar la «t» de Student y comparar el resultado con el valor correspondiente de las tablas del mismo:

$$\begin{aligned} \underline{t} &= \frac{\| \text{Med.}_1 - \text{Med.}_2 \|}{\sigma_{\text{med } 1 - \text{med } 2}} = \frac{\| \text{Med.}_1 - \text{Med.}_3 \|}{\sqrt{\left(1,253 \cdot \frac{\sigma_1}{\sqrt{N-1}}\right)^2 + \left(1,253 \cdot \frac{\sigma_2}{\sqrt{N-1}}\right)^2}} \\ &= \frac{\| 500 - 610 \|}{\sqrt{36,66^2 + 36,07^2}} = 2,14 \end{aligned}$$

$$\underline{t}_{\text{tablas de Student}} = \begin{cases} 2,002, \text{ con } \alpha = 5\% \text{ y en función de } \nu = 58 \\ 2,664, \text{ con } \alpha = 1\% \text{ y en función de } \nu = 58 \end{cases}$$

Dado que, de una parte, $2,14 > 2,00$ y, de otra, que $2,14 < 2,664$, no se puede aceptar, con un riesgo del 5 %, que las medianas representen valores de precipitación de un mismo clima, a pesar de que «t» sólo supera ligeramente el valor de «t» de las tablas de Student, en función de $\nu = 58$. Es más, no podría afirmarse lo mismo si se admitiese un riesgo del 1 %.

Tampoco es significativa la diferencia entre el segundo y tercer períodos, cuyo cálculo simplifica la igualdad entre las desviaciones de los dos primeros períodos:

$$\underline{t} = \frac{\| \text{Med.}_2 - \text{Med.}_3 \|}{\sqrt{\left(1,253 \cdot \frac{\sigma_2}{\sqrt{N-1}}\right)^2 + \left(1,253 \cdot \frac{\sigma_3}{\sqrt{N-1}}\right)^2}} = \frac{60}{51,4} = 1,17 < 2,002$$

En resumen, sería aventurado rechazar de plano la posibilidad de que las tres medianas representen una misma realidad, ya que la razón crítica («t») es casi igual que el valor tomado de las tablas de Student-Fisher. Además, se ha de tener presente que, en estos casos, cualquier pequeño defecto de método o ligero error de cálculo sería suficiente para inclinar la decisión en uno u otro sentido. Ahora bien, también resulta arriesgado admitir que las medianas pluviométricas de los períodos 1871-1900 y 1931-1960 pertenecen a un clima idéntico.

Finalmente, cabe destacar que la mediana del período 1931-1960 no sólo es muy semejante a la media del mismo período, sino que incluso llega a superarla, aunque sólo sea en 6,6 mm. Se trata de una anomalía que no se da en los otros dos períodos, ni en el conjunto de la serie.

MODA. A partir de la distribución de frecuencias que hemos establecido para hallar las características anteriores, la moda se encuentra en las clases siguientes:

período 1871-1900	(400-500)
período 1901-1930	(500-600)
período 1931-1960	(600-700)

Las notables discrepancias que se observan al plantear esta apreciación apenas se suavizan si aceptamos el cálculo según la fórmula de Spiegel (25), de la que se deducen los siguientes resultados:

período 1871-1900	470,0 mm
período 1901-1930	533,3 mm
período 1931-1960	635,3 mm

Ahora bien, se ha de tener presente que el valor de la moda, aunque es sencillo de calcular, suele ser poco fiable y varía mucho según el criterio que se adopte en la distribución de frecuencias. Por otro lado, hemos de rechazar la relación empírica: moda = media —3 (media —mediana). Aunque se ha utilizado en algunos casos, resulta totalmente inaceptable para el período 1901-1930.

DESVIACIÓN TÍPICA. Los valores obtenidos de esta característica de dispersión son los siguientes:

período 1871-1900	157,4
período 1901-1930	157,4
período 1931-1960	154,9

Destaca claramente la semejanza de los tres valores, e incluso la coincidencia de los dos primeros. Por ello no es necesario aplicar método alguno para poner de relieve la notable persistencia en la variación de los totales pluviométricos anuales respecto a la media de cada período. Esta casi coincidencia de los tres valores y la relativa semejanza con el que resulta del total de la serie prueba la suficiencia de un período de 30 años para definir el carácter de las precipitaciones en una estación de las características geográficas de Barcelona.

RESULTADOS OBTENIDOS CON METODO ESTADISTICO. INSUFICIENCIAS DE LOS MISMOS

El primer aspecto a destacar es la notable irregularidad pluviométrica. Este hecho queda claramente reflejado en cualquiera de las características analizadas. Como, por otra parte, los resultados son semejantes a los obtenidos para las restantes estaciones costeras catalanas, alcanzan la categoría de leyes para dicha región climática (26). Aunque este hecho es común a todo el dominio mediterráneo, por la situación de la estación en la ribera occidental, los valores aparecen acentuados en comparación con los obtenidos para otras estaciones situadas a igual latitud.

El segundo aspecto que se deduce del análisis de la serie consiste en las notables diferencias entre los valores registrados hasta 1911 y los siguientes, y, centrándonos en los «períodos internacionales», entre los dos primeros y el tercero.

$$(25) \text{ Fórmula de Spiegel: } X = L_1 + \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right).$$

(26) ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. M.: *Los climas de Cataluña. Estudio de climatología dinámica*, pág. 148, Barcelona, 1973. También son semejantes los resultados obtenidos por P. L. CLAVERO: *El Clima de cabo Bagur*, pág. 63, Barcelona, 1972; igualmente son comparables los valores obtenidos por J. M. RASO: *El clima del Llano de Barcelona (1931-60)*, página 70, Barcelona, 1972.

Estas discrepancias plantean la posibilidad de que se haya producido un cambio climático. Pero, aunque las diferencias entre las medias y medianas de los tres «períodos internacionales» son claras, no bastan para justificar estadísticamente un cambio climático. Sin embargo, tampoco se deducen argumentos suficientemente sólidos para rechazar toda posibilidad de cambio, que, si verdaderamente existe, se orientaría hacia un ligero aumento de las precipitaciones. En el supuesto de proseguir, este hipotético aumento quedará reflejado estadísticamente cuando a la serie analizada se añadan los años del «período internacional» en que nos encontramos.

Por otra parte, estas discrepancias entre los valores de los tres «períodos internacionales» ponen de manifiesto la imposibilidad de determinar con cierta precisión, a partir de series de 30 años, tanto la mediana como la media. En efecto, si no se ha producido un cambio climático, la desigualdad entre los resultados es muy importante, y sería aventurado tomar como valores estables las características de un período cualquiera. Y si, por el contrario, se ha producido un cambio climático, no es posible conocer la importancia del mismo a través de una serie de una amplitud como la que hemos utilizado. Siempre que no se pueda demostrar una diferencia significativa entre los distintos períodos, como sucede en nuestro caso, las estimaciones más fiables de los parámetros se conseguirán con la elaboración de series lo más largas que sea posible. Pero aun en este caso es necesaria la determinación del intervalo de confianza para asegurar entre qué límites fiduciales se encuentran dichos parámetros con un riesgo determinado, como hemos realizado al analizar los totales anuales de la serie.

Por último, aunque la elaboración estadística constituye un importante enriquecimiento de información en los estudios de climatología analítica, es incapaz de revelar las causas de los fenómenos del tiempo. Operando con valores estadísticos no se llega más que al planteamiento de unos problemas, cuyas soluciones deben buscarse en el análisis de los mecanismos físicos de la atmósfera y, particularmente, en las variaciones diarias de la circulación atmosférica en relación con los factores geográficos (27). Así, la indigencia de precipitaciones resulta de la situación periférica de la estación con relación al eje de los *westerlies*; por ello, queda al abrigo de las corrientes perturbadas más dinámicas. También desempeñan un papel fundamental en la escasez pluviométrica la posición de la estación en el ángulo nororiental de la Península y el efecto de abrigo aerológico que representan la cordillera de los Pirineos respecto a las corrientes perturbadas de componente norte, y la Cordillera Prelitoral en relación con las borrascas que penetran en la Península desde el Atlántico. Finalmente, el área queda con frecuencia abrigada aerológicamente de las corrientes perturbadas dinámicas por las traslaciones hacia el norte del anticiclón subtropical de Azores. Como resultado del efecto de estos factores inhibidores se puede decir que las precipitaciones que registra la estación de Barcelona dependen fundamentalmente de las borrascas que bordean el Mediterráneo —poco frecuentes— y de los procesos convectivos locales; por

(27) ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. M.: *Los climas de Cataluña. Estudio de climatología dinámica* (resumen de la tesis doctoral), págs. 5 y 6, Barcelona, 1974.

tanto, queda al abrigo de la mayor parte de las borrascas dinámicas que atraviesan el espacio sinóptico. Por esta razón, en nuestros trabajos anteriores hemos destacado el carácter paramarítimo de los climas catalanes.

La irregularidad interanual depende de la situación de la estación en el borde meridional de la circulación de los *westerlies*, es decir, en la zona de cizalladura de los cinturones de circulación subtropical y templada. Por consiguiente, aunque los mecanismos polares son predominantes, se producen interferencias difíciles de evaluar entre los dos sistemas de circulación. En la región catalana no se registra una evolución regular de los tipos de tiempo, y basta que en el curso del año se modifique la distribución meridiana de las temperaturas para que sus efectos sean importantes en la zona de transición templado-subtropical. Esto explica en parte el que no se distinguen con claridad unos ciclos pluviométricos y que los valores se agrupen a ambos lados del promedio sin responder a una ley concreta. En Barcelona se pueden citar años estadísticamente secos o lluviosos, pero cuando hemos intentado elevar la escala al nivel de período hemos debido hacerlo a expensas de una generalización; cualquier período de varios años lluvioso o seco engloba valores anuales de sentido contrario.

Bibliografía

- (1) ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. M.: *Prólogo a la Climatología de F. Durand-Dastès*, Barcelona, Ed. Ariel, 1972, págs. 11-20.
- (2) ID.: *Los climas de Cataluña. Estudio de Climatología dinámica* (tesis doctoral), Barcelona, Universidad de Barcelona, 1973, 8 vols., mecanografiada.
- (3) ID.: *Los climas de Cataluña. Estudio de Climatología dinámica* (Resumen de la tesis doctoral), Barcelona, Universidad de Barcelona, 1974, 32 págs.
- (4) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Estudio estadístico de algunas curvas de frecuencias en el Observatorio Fabra, Barcelona*, Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 1930, XX, n.º 24.
- (5) ANGOT, A.: *Régime des pluies de la Péninsule Ibérique*, París, Ann. du Bur. Centr. Météo. de Fr., Mémoires, 1825, vol. I.
- (6) *Sur le régime pluviométrique de l'Europe occidentale*, París, Ann. Géogr., 1895-896, V, páginas 15-24.
- (7) BALDIT, A.: *Les éléments météorologiques du climat* (in «Traité» de M. Piéry et collab.), París, 1934, vol. I, págs. 10-65.
- (8) CAMPANY, M.: *Bibliografía de la Meteorología catalana*, Barcelona, Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya, 1937, n.º 68, págs. 339-517.
- (9) CLAVERO, P. L.: *El clima de Cabo Bagur* (tesis de licenciatura), Barcelona, Universidad de Barcelona, 1972, 4 vols., mecanografiada.
- (10) DOWE, H. W.: *Regen in Spanien*, Berlín, 1878.
- (11) FEBRER, J.: *Atlas pluviométric de Catalunya* (prólogo de E. Fontseré), Memorias Patxot, Barcelona, 1930.
- (12) FONTSERÉ, E.: *Discurso de contestación a M. Álvarez Castrillón en el acto de recepción de este último en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, Barcelona, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 1930, págs. 585-590.
- (13) GORDON, A. H.: *Climatologie dynamique*, Ginebra, Bull. O.M.M., 1953, II, n.º 4.
- (14) GRISOLLET, H.; GUILMET, B., y ARLERY, R.: *Climatologie. Méthodes et pratiques*, París, Ed. Gauthier-Villars, 1962.
- (15) HELLMANN, G.: *Distribución de la lluvia en la Península Ibérica*, Madrid, Rev. de Montes, 1880, vol. IV.
- (16) ID.: *Die Regetverhältnisse der Iberischen Halbinsel*, Berlín, 1888.
- (17) IÑÍGUEZ, F.: *Las lluvias en nuestra Península*, Madrid, Anales del Observatorio Astronómico, 1909, págs. 187-225.
- (18) JANSÁ, J. M.: *La Climatología, ¿Estadística o Física?*, Madrid, Rev. de Geofísica, 1945, IV, n.º 13, págs. 45-75.

- (19) ID.: *La Climatología como ciencia geográfica*, Madrid, Estudios Geográficos, 1954, n.º 57, págs. 569-588.
- (20) ID.: *Curso de Climatología*, Madrid, Serv. Met. Nac., 1969, serie B, n.º 19.
- (21) MILLER, A.: *La piel de la tierra*, Madrid, Ed. Alhambra, 1970.
- (22) PATXOT, R.: *Pluviometria Catalana. Resultats del quinquenni 1906-1910, publicats amb la col·laboració dels observadors de Catalunya*, San Feliu de Guixols, 1912.
- (23) PEDELABORDE, P.: *Remarques sur l'emploi de deux notions classiques en Climatologie: les moyennes et les correlations*, Toulouse, «Rev. Géogr. des Pyr. et du Sud-Ouest», 1957, págs. 79-86.
- (24) PÉGUÉ, CH. P.: *Introduction à l'emploi des méthodes statistiques en Géographie Physique*, Grenoble, Alliers édit., 1948.
- (25) ID.: *Precis de Climatologie*, Paris, Ed. Masson, 1970.
- (26) PETERSSEN, S.: *Introducción a la Meteorología*, Madrid, Ed. Espasa-Calpe, 1968.
- (27) RASO, J. M.: *El clima del Llano de Barcelona (1931-1960)*, Barcelona, Universidad de Barcelona, 1972, 3 vols., mecanografiada.
- (28) SEMMELHACH, W.: *Beiträge zur Klimatographie von Nordspanien und Portugal*, Hamburgo, 1905, «Annales der Hydrographie und Maritimen Meteorologie». Deutsche Seewarte.
- (29) WROBEL, J. H.: *Das Klima von Katalonien und der Provinz Castellon auf Grund der spanischen Wetterbeobachtungen der Jahre 1906 bis 1925* (tesis doctoral), Hamburgo, Publ. Archiv. der Deutschen Seewarte, 1940, vol. 60, n.º 3-4.

Résumé

L'étude des variations que subissent les rythmes des éléments climatologiques dans la zone tempérée en relation avec les échanges énergétiques fréquents de direction méridienne a connue des progrès importants en raison de l'incorporation des techniques statistiques. Ces dernières ont permis d'estimer la présence, l'intensité et la périodicité des phénomènes du temps et de son influence sur les divers éléments météorologiques. A partir de ces caractéristiques, on peut établir une série de lois ou de principes de circonstance.

En ce qui concerne la série des valeurs annuelles pluviométriques enregistrées dans la station de Barcelone (période 1866-1970), on peut remarquer leur importante irrégularité. La moyenne statistique de la série (573,4 mm) ressort de valeurs disparates comme 278,4 mm (1878, l'année la plus sèche) et 1047,8 mm (1951, l'année la plus pluvieuse). A l'intérieur de ces totaux extrêmes, on ne remarque aucun rythme cyclique d'années sèches ou pluvieuses, de là la valeur relative de la moyenne (557,8 mm). Schématiquement, on peut considérer la période comprise entre 1876 et 1910 comme une période d'indigence pluviométrique; en relation à la distribution des valeurs en quintidis, 57 % des années peuvent être considérées comme «très sèches» et «sèches». Par contre, à partir de 1911, on remarque une élévation des totaux pluviométriques comme on peut en déduire le fait que plus de 50 % des années se trouvent groupées dans les quintidis quatre e cinq. Ces appréciations se trouvent ratifiées avec la distribution des valeurs en déciles. Dans la période de 1876-1910, 67 % des années sont «très sèches», alors que dans la seconde période, 78 % des totaux peuvent statistiquement être considérés comme «très pluvieux». Ces résultats posent le problème de la possibilité qu'il se soit produit un changement climatique. Ce phénomène n'a pas pu être démontré statistiquement bien que l'on ait effectué divers regroupements des valeurs. Bien que les différences entre les moyennes et les médianes des «trois périodes internationales» comprises dans la série soient claires, ce n'est pas suffisant pour justifier statistiquement un changement climatique. Néanmoins, on n'en déduit pas, non plus, d'arguments suffisamment solides pour repousser toute possibilité de changement qui, dans le cas où il serait en train de se produire, se confirmerait lorsque se terminera l'actuelle «période internationale» et qui s'orientera vers une légère augmentation des précipitations.

Enfin, il est évident qu'étant donné que l'élaboration des statistiques constitue un enrichissement important de l'information dans les études de la Climatologie, on doit en intensifier leur utilisation même si elle est incapable de révéler les causes des phénomènes du temps. En opérant avec des valeurs statistiques on n'arrive qu'à poser des problèmes dont les solutions doivent être recherchées dans l'analyse des mécanismes physiques de l'atmosphère,

et particulièrement, dans les variations quotidiennes de la circulation atmosphérique régionale en relation avec les facteurs géographiques.

Abstract

The study of the variations to be found in the rhythm of the elements in the climatology of a warm zone in relation to the frequent interchanges of energy from the direction of the meridian has undergone several important advances since the incorporation of technical statistics.

These allow an evaluation to be made of the presence, intensity and periodicity of the weather phenomena and their influence over the various meteorological elements. Going by these statistics it is possible to form a series of rules or principles of occurrence. With respect to the annual rainfall figures registered in the Barcelona weather station (period 1866-1970) the most outstanding feature is the great irregularity of the figures. The average figure for the series (573.4 mm) comes from figures as far apart as 278.4 mm (1878, the driest year) and 1047.8 mm (1951, the year with the most rain). Between these two extremes there is no rhythmic cycle of wet and dry years, which gives an idea of the relative value to be gained from considering the average figure (557,8 mm). Schematically it is possible to consider the period between 1876 and 1910 as lacking in rain. In relation to the distribution of years as a percentage it is possible to consider 57 % of the years as «very dry» or «dry». On the other hand from 1911 onwards there is a rise in the total rainfall, this being deduced from the fact that over 50 % of the years appear to be grouped in the fourth and fifth sections of the period. These increases appear to be rectified by dividing the period into tenths. During the period 1876-1910, 67 % of the years are «very dry» whilst in the second period 78 % of the year can be considered as «very rainy». These results all point to the possibility of a climatic change having taken place. This phenomenon has not been proven statistically despite the fact that different value groupings have been made. Although the differences between the averages of the three «international periods» which comprise the series are quite clear, they are not sufficient to justify a climatic change statistically. Nevertheless, the arguments which are deduced are not sufficiently solid to reject all possibility of a change, which in the case of it occurring would be confirmed when the «international period» ended and would show a tendency towards a light increase in the rainfall.

Finally, it is obvious that although the statistical development constitutes an important element enriching the information in climatological studies, and its use has increased, it is unable in itself to reveal the causes of weather phenomena. Operating with statistics it is not possible to get further than the laying bare of problems, the solution to which must be found in the analysis of the physical mechanisms of the atmosphere, and particularly in the daily variations of the regional atmospheric conditions in relation to the geographic factors.