

# Estado actual de las investigaciones en climatología sintética\*

por LUIS M. ALBENTOSA

En los últimos años han tenido lugar numerosas e importantes aportaciones en el campo de las ciencias de la atmósfera, muchas de ellas de decisiva significación. La mayor parte de las investigaciones sobre la dinámica de la atmósfera se han orientado hacia la previsión del tiempo. Durante la Segunda Guerra Mundial, la planificación de operaciones bélicas, sobre todo por parte de la aviación, precisaba de una previsión del tiempo probable válida para uno o varios meses e incluso años. Evidentemente, como sucede todavía ahora, los servicios meteorológicos no podían ofrecer esta información. Con el fin de conseguir dicha información, W. C. Jacobs plantea los principios de una «Climatología sinóptica»; según el autor, «la estadística de los estados de la atmósfera se deduce de un catálogo de fichas en las que consta la velocidad de la corriente general, la curvatura de las isobaras y la naturaleza de las masas de aire» (1). Como señalamos en nuestro trabajo anterior, la aplicación de procesos dinámicos en los estudios climatológicos se remonta a los últimos decenios del siglo XIX (Köppen, Teisserenc de Bort, etc.); pero a Jacobs se debe el planteamiento de un método de trabajo que supone un importante avance hacia la sistematización. El estudio que este mismo autor realiza sobre la región de Hokkaido (1947) muestra, de una parte, los objetivos de la Climatología sinóptica como ciencia aplicada, y de otra, las posibilidades de la misma. También existe una estrecha relación entre los problemas que se plantean durante la Segunda Guerra Mundial y el descubrimiento y posterior conocimiento de las corrientes en chorro; en efecto, los fortísimos vientos del oeste que en la alta troposfera encontraron, a partir de 1945, los tripulantes de los aviones B-29 encargados de bombardear Japón, motivaron la organización del experimento americano que se conoce por «Jet Stream Project».

Los resultados obtenidos con los primeros estudios fueron poco afortunados, sobre todo si se consideran para una posterior aplicación a la previsión del tiempo. Sin embargo, es evidente el interés que en la actualidad tienen los estudios de Climatología sinóptica y dinámica para el meteorólogo predictor. Aunque los objetivos de la Meteorología y Climatología están claramente diferenciados, con el

\* Este estudio constituye la segunda parte del trabajo que presentamos en el número anterior de la revista bajo el título: «Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo».

(1) JACOBS, W. C.: *Synoptic climatology*, Lancaster, 1946, pp. 306-311.

desarrollo de las ciencias del tiempo se aprecia una aproximación de ambas disciplinas. Esta aproximación se concreta en un constante trasvase de información, en una complementación cada día más clara y necesaria. Por estas razones, en el estudio bibliográfico que presentamos recogemos no sólo trabajos de carácter claramente climatológico, sino también algunos meteorológicos, que pensamos encierran un interés para el geógrafo-climatólogo.

La relación de trabajos que hemos seleccionado, aunque extensa, no es ni mucho menos completa, e incluso en algunos apartados puede parecer algo desequilibrada; se ha de tener presente que nuestra experiencia climatológica se limita al espacio sinóptico del que forma parte la Península Ibérica. Sin embargo, nos parece que este estudio puede ser útil en dos sentidos: como guía para la revisión de algunos conceptos, y como punto de partida para nuevas investigaciones. Con estos objetivos hemos agrupado los estudios en cuatro grandes temas: 1) Obras de carácter general. 2) Estudios sobre la circulación general atmosférica. 3) Trabajos de Climatología sinóptica a gran escala. 4) Análisis sinópticos a escala regional y local. Los tres últimos grandes temas han sido subdivididos a su vez en apartados que responden a problemas más concretos, de carácter general o espacial.

## I. OBRAS DE CARACTER GENERAL

Las obras de carácter general dedicadas a una Ciencia desempeñan un papel muy importante en el desarrollo de la misma. Presentan una exposición del conjunto de la problemática, lo que es de sumo interés, incluso para los ya introducidos en el estudio. Un buen tratado general constituye un guía eficaz y seguro en el estudio e investigación de una disciplina; una obra de carácter general actualizada no sólo informa, sino que también orienta y estimula en la búsqueda de nuevos caminos y soluciones. En este sentido es evidente que las modernas orientaciones que presentan los tratados generales de Meteorología y Climatología han sido decisivas en la evolución experimentada por las ciencias del tiempo.

En este apartado incluiremos una serie de obras recientes y algunas que, aunque pueden ser consideradas como clásicas, conservan un interés o han desempeñado un papel importante con anterioridad.

- BARRY, R. G., y CHORLEY, R. J.: *Atmósfera, tiempo y clima*, Ed. Omega, Barcelona, 1972, 395 páginas. Constituye la mejor introducción a la Climatología regional escrita en español. Los problemas fundamentales son expuestos con gran claridad, por lo que puede ser considerado como un buen manual universitario.
- BARRY, R. G., y PERRY, A. H.: *Synoptic Climatology. Methods and Applications*, Methuen, Londres, 1973, 572 páginas. Introduce una serie de técnicas matemáticas que requieren unos conocimientos previos. Es una obra fundamental para el estudio de la Climatología sinóptica. Son muy interesantes los apéndices, referencias bibliográficas y figuras.
- BYERS, H.: *General Meteorology*, 3.<sup>a</sup> edición, Nueva York, 1959, 540 páginas. Obra clara, de nivel matemático accesible. Presenta con detalle el estudio de la mecánica de los fluidos. Es la reedición, considerablemente enriquecida, del tratado que el mismo autor publicó en 1944. La mecánica de la atmósfera (torbellino, ondas sinusoidales, etc.) es presentada en forma relativamente fácil, lo que la hace accesible a los geógrafos. Con el «Weather Analysis and Forecasting» de S. PETERSEN, constituye la base de la formación del climatólogo.
- BLÜTHGEN, I.: *Allgemeine Klimageographie*, 2.<sup>a</sup> edición, Gruyter, Berlín, 1966, 720 páginas. Obra magistral, con abundante información bibliográfica. La parte que más interesa res-

pecto a la Climatología sintética corresponde a las secciones III y IV (111 páginas) que tratan de la Climatología sinóptica (centros de acción, perturbaciones, masas de aire, grandes corrientes meridianas, tipos de circulación, singularidades) y de la circulación general de la atmósfera.

CONRAD, V., y POLLACK, L. W.: *Methods in Climatology*, Harvard Univ. Press., Cambridge, 1950, 459 páginas.

CRITCHFIELD, H. J.: *General Climatology*, Prentice-Hall, Nueva Jersey, 1974, 446 páginas. Excelente obra de carácter introductorio. Particular interés encierran las partes I y II; en la primera se analizan los caracteres generales de la circulación general de la atmósfera; en la segunda parte el autor lleva a cabo un estudio de la circulación en sentido zonal. La parte tercera plantea de forma esquemática y clara los aspectos fundamentales de la Climatología aplicada. Al final de cada capítulo se incluye una bibliografía seleccionada y muy actualizada.

CROWE, P. R.: *Concepts in Climatology*, Nueva York, St. Martin's Press, 1971, 589 páginas. Magnífica obra de carácter general, de gran interés para el geógrafo. Teniendo en cuenta los objetivos del trabajo que presentamos, hemos de destacar aquellos capítulos que se dedican a los problemas de la circulación atmosférica: en el VI (pp. 169-184) se realiza un notable esfuerzo de síntesis de la evolución histórica de las teorías formuladas; en el capítulo VII (pp. 195-221) se plantean las concepciones actuales. Muy detallado es el estudio que realiza de las masas de aire (caps. IX y X). Abundante bibliografía.

DURAND-DASTES, F.: *Climatología*, Ed. Ariel, Barcelona, 1972. Obra de carácter introductorio, expuesta de forma sencilla y original. Habría que destacar la primera parte («De las divisiones de la atmósfera a la Geografía de los climas»), en la que el autor estudia los procesos esenciales que ponen en relación la circulación del aire con los factores geográficos y con los fenómenos del ciclo regular, procurando no olvidar ningún eslabón importante. Por otra parte, nos parece muy discutible el estudio que realiza de los tipos de tiempo estacionales, que con frecuencia aplica a vastas regiones; evidentemente se trata más bien de flujos medios. La segunda parte tiene un carácter de introducción a la Climatología aplicada, concretamente a la aviación, medios de difusión de la información y a las relaciones entre la atmósfera y el hombre; se ha de tener presente que el título de la obra original es *Géographie des airs*. La bibliografía es abundante y actualizada. En el prólogo, realizado por L. M. ALBENTOSA, se plantean de forma esquemática los conceptos de Climatología y las tendencias de investigación.

ESTIENNE, P., y GODARD, A.: *Climatologie*, Col. «U», A. Colin, París, 1970, 365 páginas. Es una obra muy sencilla, de carácter introductorio, adecuada para los estudiantes de Geografía.

GODSKE, C. L., BERGERON, T., BJERKNES, J., y BUNDGAARD, R. C.: *Dynamic Meteorology and Weather Forecasting*, Amer. Met. Soc., Boston, 1957, 800 páginas.

HIDY, G. M.: *Los vientos. Los orígenes y comportamiento del movimiento atmosférico*, Ed. Reverté, México, 1972, 189 páginas. Es una introducción al estudio de la mecánica de los fluidos (exposición más esquemática y sencilla que la presentada por H. R. BYERS en la *General Meteorology*). También es interesante la introducción de carácter histórico.

LAMB, H. H.: *Climate: Present, Past and Future*. Vol. I: *Fundamentals and climate now*, Methuen, Londres, 1972, 648 páginas. Es una obra excelente, muy actualizada. Hemos de destacar los capítulos III (The atmosphere in motion), IV (Seasonal Changes), y, sobre todo, el VII (Anomalous patterns of atmospheric circulation, weather and climate). La obra es muy rica en apéndices y figuras, en su mayoría debidos al propio autor. La bibliografía es abundante y actualizada, particularmente con respecto a las obras inglesas y norteamericanas.

LOCKWOOD, J. G.: *World Climatology*, London Edward Arnold, 1974, 330 páginas. Obra fundamental para el estudio de las características de los grandes cinturones de circulación. Describe con particular detalle las regiones climáticas del Sur y Sudeste de Asia, América del Norte, Europa occidental y la Unión Soviética. El texto está documentado con numerosos mapas climáticos, diagramas y tablas. Al final de cada capítulo aparece un apartado de orientación bibliográfica. Especialmente interesante para los geógrafos.

- LONGLEY, R. W.: *Tratado Ilustrado de Meteorología*, Ed. Bell, Buenos Aires, 1973, 332 páginas. Exposición muy clara de los diagramas y mapas del tiempo de altura y superficie. También es interesante la explicación de la circulación general de la atmósfera. Aunque se utilizan ecuaciones matemáticas relacionadas con las leyes físicas, éstas son analizadas y explicadas con detalle. Obra práctica, pensada para meteorólogos.
- MEDINA, M.: *Meteorología básica sinóptica*, Ed. Paraninfo, Madrid, 1976, 320 páginas. Aunque la obra resulta de la experiencia del autor como profesor de la Escuela de Meteorología y está dirigida a los meteorólogos, tiene un notable interés para los geógrafos, sobre todo en aquellos capítulos que dedica a la circulación general. El lenguaje es sencillo y el nivel teórico empleado resulta accesible para los estudiantes de Climatología.
- PEDELABORDE, P.: *Introduction à l'étude scientifique du climat*, SEDES, París, 1970, 246 páginas. Tratado de carácter introductorio, de gran interés para los estudiantes de Geografía. Escrito con mucha claridad, contiene una importante información gráfica y bibliográfica muy actualizada. Hay que destacar el capítulo VI: «Un exemple de circulation atmosphérique regionale: la circulation sur l'Europe Occidentale». Este capítulo, en el que analiza varios ejemplos de situaciones sinópticas, es resultado de la experiencia obtenida por el autor con la elaboración de su tesis doctoral («Le Climat du Bassin Parisien»).
- PETTERSEN, S.: *Weather analysis and forecasting*, 2.<sup>a</sup> ed., 2 vols. Vol. I: *Motion and motion systems* (428 páginas). Vol. II: *Weather and weather systems* (266 páginas), McGraw-Hill, Nueva York, 1956. Es una obra excelente, elaborada con un rigor extraordinario. Requiere unos conocimientos avanzados de Matemáticas y Física. Muy cuidada e interesante la parte gráfica, y abundante la bibliografía.
- RIEHL, H.: *Introduction to the atmosphere*, Nueva York, 1965, 365 páginas.
- RILEY, E., y SPOLTON, L.: *World weather and climate*, University Press, Cambridge, 1974. Tratado muy sencillo y actualizado, adecuado para una iniciación en Climatología. Tienen particular interés las partes I y II; en la primera se abordan los problemas generales de la circulación atmosférica; en la segunda se estudian los caracteres zonales de la circulación. En la tercera parte se plantea una explicación dinámica de los grandes tipos de climas. El material gráfico, además de abundante (136 figuras), constituye un excelente auxiliar para la clarificación de los temas tratados.
- STRINGER, E. T.: *Foundations of Climatology*, H. Freeman, San Francisco, 1972, 586 páginas. Esta obra se complementa con otra del mismo autor: *Techniques of Climatology*, W. H. Freeman, San Francisco, 1972, 539 páginas. En conjunto, los dos volúmenes constituyen un material de gran interés teórico y práctico.

Finalmente es interesante tener presente una serie de publicaciones periódicas en las que aparecen la mayor parte de los estudios que actualizan la ciencia. Entre estas revistas científicas hemos de destacar las siguientes:

- Agricultural Meteorology, Amsterdam, Elsevier Publishing Company, quarterly.
- Atmosphere, the Journal of the Canadian Meteorological Society, Toronto, University of Toronto Press, quarterly.
- Bulletin of the American Meteorological Society, Boston, American Meteorological Society, monthly.
- Climatological Data, National Summary, Washington, Department of Commerce, Environmental Data Service, monthly.
- Climatological Data of the United States (by sections), Washington, Department of Commerce, Environmental Data Service, monthly.
- Daily Weather Report, London, H. M. Stationery Office, daily.
- Journal of Atmospheric Sciences, Boston, American Meteorological Society, bimonthly.
- La Météorologie, Paris, Société Météorologique de France, trimestriel.
- Meteorological Magazine, London, H. M. Stationery Office, monthly.
- Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, Royal Meteorological Society, quarterly.

Weather, London, Royal Meteorological Society, bimonthly.  
World Meteorological Organization Bulletin, Genova, World Meteorological Organization, quarterly.

## II. ESTUDIOS SOBRE LA CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA

### 1. Estudios clásicos y de carácter histórico sobre la circulación de la atmósfera

- BIROT, P.: *Evolution des théories de la circulation atmosphérique générale*, Annales de Géographie, n.º 348, París, 1956, pp. 81-97. La parte fundamental del trabajo consiste en la interpretación de las teorías de C. G. ROSSBY, y en un ensayo de conciliación de los modelos modernos y clásicos de la circulación general de la atmósfera.
- BJERKNES, J., y SOLBERG, H.: *Life cycle of cyclones and the polar front theory of atmospheric circulation*, «Publikasjoner», Geophysik Institut, vol. III, n.º 1, Oslo, 1922. Trabajo clásico de gran interés.
- BJERKNES, J.: *L'évolution des Cyclones et la circulation atmosphérique d'après la théorie du front polaire*, «La Météorologie», París, 1923. En este trabajo se explica por primera vez la circulación general atmosférica por procesos exclusivamente mecánicos.
- DEFANT, A.: *Die Zirkulation der Atmosphäre in den Gemässigten Breiten der Erde*, «Geogr. Annalen», vol. VI, Berlín, 1921. Explica el origen mecánico de las transferencias horizontales y verticales del calor; estos procesos tienen lugar como resultado de la turbulencia originada en los ciclones y anticiclones móviles.
- QUENEY, P.: *L'évolution moderne des idées sur la circulation générale de l'atmosphère*, Cahier supplément à l'Information Géographique, n.º 2, París, 1953, pp. 2-12. Trabajo muy sencillo en el que el autor explica de manera esquemática la evolución de las teorías sobre la circulación atmosférica, partiendo de las más antiguas, formuladas por HALLEY, HADLEY y FERREL. El mismo autor realizó un estudio semejante en: *Mise au point des théories récentes sur les grands phénomènes atmosphériques*, Bull. Ass. Géogr. Fr., París, 1955, pp. 30-38.
- ROSSBY, C. G., y cols.: *Isentropic analysis*, Bull. American Meteorological Society, volumen XVIII, Boston, 1937, pp. 201-209. Con este trabajo se inicia la sistematización del método de análisis isentrópico de la atmósfera.
- ROSSBY, C. G.: *The Scientific basis of modern meteorology*, Climate and Man, Yearbook of Agriculture, U.S., Department of Agriculture, Nueva York, 1941, pp. 599-655. Este trabajo también se encuentra en: *Handbook of Meteorology*, por BERRY, BOLLAY, BEERS, Nueva York y Londres, 1945, pp. 502-529. Es un estudio de divulgación muy sencillo, en el que se presentan las ideas fundamentales del autor sobre la circulación general de la atmósfera. El modelo, basado, como el de T. BERGERON, en un esquema tricelular, admite el intercambio térmico meridiano. Es una concepción clásica de la circulación general de la atmósfera. El modelo presentado en este trabajo conserva algunas de las tradicionales concepciones térmicas, como la comparación de la atmósfera con un motor térmico que funciona entre una fuente cálida y una fuente fría. Cinco años más tarde, el propio autor rechaza este modelo y presenta uno nuevo al que nos referiremos en el apartado siguiente.

### 2. Estudios modernos sobre la circulación de la atmósfera

En este apartado consideramos aquellos trabajos que representan nuevos planteamientos de la problemática y algunos que sintetizan el estado actual de los estudios.

BERENGER, M.: *Cartes mensuelles hémisphériques de pression normale au niveau de la mer et de température normale au niveau de la station. Années 1931-1960*, La Météorologie.

- Not. Inf. Tech., París, 1964. Colección de mapas del Hemisferio Norte, contruidos con información de unas 550 estaciones. Aparecen algunas lagunas por falta de información, como sucede con el caso de China. Este trabajo permite tener una visión de conjunto de la circulación general y de la interdependencia de los grandes centros de acción. Puede ser considerado como un esquema bastante aproximado de la circulación hemisférica.
- BERNADET, P.: *Indices et profils de circulation*, La Météorologie, Not. Inf. Tech., París, 1961. Trabajo de gran interés. En la primera parte trata del perfil de la circulación, que completa la noción menos precisa de índice zonal. Señala también dos nuevos índices utilizados por los rusos BYKOV y MACHTOVITCH. En la segunda parte analiza con mucha claridad la fórmula de ROSSBY y describe las situaciones que corresponden a las ondas planetarias rápidas y lentas.
- DOUCHY, P., y BRILLE, A.: *Cartes mensuelles de pression normale au niveau de la mer (1910-1930)*, La Météorologie, Not. Inf. Tech., París, 1953. Completa la serie utilizada por BERENGER en el trabajo citado anteriormente. Ahora bien, este estudio no comprende todo el hemisferio; el dominio analizado se extiende entre el Este de América del Norte y Europa Occidental.
- GILET, M.: *Étude expérimentale de la dynamique des orages convectifs*, La Météorologie, París, VI<sup>e</sup> serie, n.º 5, Juin, 1976, pág. 5. Se presentan algunos problemas todavía no resueltos, relativos a la interacción entre escalas y entre dinámica y microfísica en el interior de una tormenta. Muestra cómo la utilización de sistemas de radar Doppler puede contribuir a su solución. Constituye una puesta al día de los resultados obtenidos sobre la configuración del campo de viento con la ayuda de los sistemas de radar Doppler, y cómo significan un avance importante en el estudio de la física de las nubes. Abundante bibliografía.
- HOSKINS, B. J.: *Atmospheric frontogenesis models: some solutions*, Methuen, Londres, 1971. Trabajo excelente en el que se plantea con un minucioso rigor la dinámica de la frontogénesis. Es muy interesante el análisis que realiza sobre los procesos que sufren los frentes en el campo de la velocidad geostrofica que actúa sobre la distribución de las temperaturas. Con frecuencia la lectura es difícil por el elevado nivel de Matemáticas empleadas.
- KLEIN, W. H.: *Principal tracks and mean frequencies of cyclones and anticyclones in the northern hemisphere*, Research Paper, n.º 40, D.C.: U. S. Weather Bureau, Washington, 1957. Del mismo autor, también es interesante el trabajo publicado un año más tarde: *The frequency of cyclones and anticyclones in relation to the mean circulation*, Journal of Meteorology, American Meteorological Society, vol. XV, Boston, 1958, pp. 98-102. Son particularmente interesantes los cuadros estadísticos de las frecuencias.
- LORENZ, E. N.: *The nature and theory of the general circulation of the atmosphere*, World Meteorological Organization, n.º 218, TP 115, Génova, 1967, 161 páginas. Trabajo muy sencillo y actualizado.
- O. M. M.: *Normales climatologiques (CLINO) relatives aux stations climat et climat ship pour la période 1931-1960*, World Meteorological Organization, n.º 117, TP 52, Génova, 1962. Interesante por los cuadros estadísticos.
- PALMEN, E.: *Atmospheric circulation system. Their structure and physical interpretation*, Academic Press, Nueva York-Londres, 1969. Obra de gran interés con bibliografía abundante y actualizada. Requiere un nivel elevado de conocimientos de Matemáticas y Física.
- PEDELABORDE, P.: *La circulation générale de l'atmosphère*, Information Géographique, París, 1956, pp. 103-109. Estudio muy sencillo de carácter informativo. Del mismo autor es muy interesante el estudio titulado *Les données de la Climatologie*, en Géographie Générale, Encyclopédie de la Pléiade, París, 1966, pp. 13-84. También habría que destacar el estudio: *Le tourbillon, principe générale à la base de la climatologie dynamique*, Annales de Géographie, París, 1957, p. 481-498.
- PETTERSSSEN, S.: *Some aspects of the general circulation of the atmosphere*, Royal Meteorological Society, Londres, 1950, pp. 120-155.
- QUENEY, P.: *Les grands mouvements de l'atmosphère*, La Météorologie, n.º 35, París, 1954,

pp. 195-207. Trabajo muy interesante en el que se plantean cuatro aspectos: 1) Análisis de los conocimientos acerca de la repartición vertical de las fuentes de calor. 2) Circulación general por debajo de la altura de 20 km. 3) Explicación dinámica de las corrientes en chorro (teoría de ROSSBY). 4) Papel probable de la capa cálida como intermediaria de los factores cósmicos y la circulación inferior.

Del mismo autor, también es interesante el estudio: *Les mouvements de l'atmosphère*, en «La Terre», Encyclopédie de la Pléiade, París, 1959, pp. 243-313. Análisis muy claro y sistemático de los aspectos fundamentales de la circulación atmosférica. Son muy interesantes las figuras que ilustran el texto, todas ellas elaboradas por el propio autor.

ROSSBY, C. G.: *On the general circulation of the atmosphere in middle latitudes*, Bull. American Meteorological Society, Boston, 1947, pp. 255-280. Este trabajo queda matizado con otro estudio que el propio autor realiza dos años más tarde: *On the nature of the lower atmosphere*, en «The Atmospheres of the earth and planets», por G. P. KUIPER, Chicago, 1949, pp. 16-48. El nuevo modelo presentado por C. G. ROSSBY sintetiza los resultados obtenidos por el maestro y sus colaboradores de la Universidad de Chicago durante el curso 1946-1947. Se trata de un estudio a la vez sinóptico, teórico y experimental de la circulación general de la atmósfera al nivel de 500 mb. Una exposición muy clara y simple del modelo aparece en el trabajo de P. QUENEY *L'évolution moderne de idées sur la circulation générale de l'atmosphère* (citado anteriormente). También se puede encontrar un minucioso análisis en la tesis de P. PÉDELABORDE (*Le climat du Bassin Parisien*, París, 1957, pp. 75-91), y en el trabajo de este mismo autor: *Les grandes zones de la circulation atmosphérique* (en *Géographie Générale*, Encyclopédie de la Pléiade, París, 1966, pp. 66-76).

SHAGORINSKY, I.: *The global circulation of the atmosphere*, Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, Londres, 1970, pp. 24-41. Estudio muy actualizado.

TASSON, A.: *Caractères généraux de la circulation atmosphérique jusqu'à 35 km. d'altitude*, La Météorologie, vol. IV, n.º 63, París, 1961, pp. 237-260. Estudio informativo de notable interés, con bibliografía seleccionada y actualizada. Después de analizar el corte vertical de la atmósfera realizado por DUBENTSOV hasta 100 km de altura, observa ciertos elementos que no habían sido puestos en evidencia: 1) Hacia 7 u 11 km, corrientes en chorro muy fuertes, asociadas al frente polar, irregulares y a lalitudes variables. 2) A alturas superiores a 20 km, durante el invierno, en las regiones subárticas, vientos de circulación muy variable, a pesar de la corriente del Oeste. Resume los últimos descubrimientos en el campo de la aerología.

### 3. Estudios de la alta atmósfera

Como en los anteriores subapartados, en éste sólo incluiremos los estudios generales o aquellos que se refieren a grandes dominios.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY: *The jet-stream*, Meteorological Monographs, vol. II, n.º 2, Boston, 1970, Monografía de gran interés por su actualidad.

BARBE, G. D.: *Circulations atmosphériques à haute altitude. Étude expérimentale de la mousson stratosphérique*, La Météorologie, París, 1959, pp. 275-302. Exposición muy clara, ilustrada con una serie de mapas de notable interés, elaborados por el propio autor.

BERENGER, M.: *Le jet et l'aéronautique. Essai de mise au point sur nos connaissances actuelles*, La Météorologie, París, 1955. Trabajo informativo en el que de forma sistemática se analiza la evolución y estado actual de los conocimientos en el campo de la circulación en altura.

BERENGER, M., y HEISSA, J.: *Contribution à l'étude de la variation saisonnière des jets*, La Météorologie, París, 1959, pp. 11-23. En este estudio se pone de manifiesto la frecuencia de ocurrencia de los ejes de corrientes en chorro y sus fluctuaciones en enero y julio sobre Europa, Africa del Norte y el Este del Atlántico. Además de la corriente en chorro

- subtropical, cuya existencia fue demostrada por NAMIAS y CLAPP, los autores se refieren a otros chorros que alcanzan frecuencias de ocurrencia casi tan elevadas como las de la corriente en chorro subtropical. Son muy interesantes los mapas que ilustran el texto.
- BIEL LUCEA, A.: *Los vientos del Oeste en tierra, en Zaragoza, y su variación de dirección con la altura*, Las Ciencias, vol. XIII, n.º 2, Madrid, 1948, pp. 309-311. Analiza las causas del cambio de dirección del viento en altura, a partir del viento de superficie.
- BOULET, A.: *La circulation atmospherique au-dessus du Pacifique Central*, La Météorologie, Paris, V<sup>e</sup> serie, n.º 25, 1973, pág. 85. A través de los gráficos realizados con las medias semestrales de la velocidad del viento se destaca: 1) Las variaciones de velocidad que afectan a la corriente subtropical, al nivel de 200 mb, llegan a ser simétricas y sincrónicas cuando se pasa de uno a otro hemisferio. 2) La banda ecuatorial, situada entre estas dos corrientes, presenta dos variaciones de velocidad análogas e igualmente sincrónicas, pero de signo contrario. 3) En la zona ecuatorial, las fluctuaciones del viento al nivel de 200 mb siguen estrechamente las modificaciones de la temperatura en superficie.
- DESBOIS, M.: *Les résultats de l'expérience Eole*, La Météorologie, Paris, VI<sup>e</sup> serie, n.º 5, Juin, 1976, pág. 51. Se presentan los resultados obtenidos en el «Laboratoire de Météorologie Dynamique» del C.N.R.S., utilizando las observaciones obtenidas con los globos de altura «Eole» durante los años 1971-1972 en el Hemisferio Sur. Los resultados conciernen tanto a la Meteorología del Hemisferio Sur como a la dinámica general de la atmósfera. Bibliografía abundante y actualizada. Del mismo autor también son interesantes: *Remarques sur la circulation atmosphérique à 200 mb dans les régions tropicales du Pacifique Sud* (C. R. Acad. Sc., Paris, t. 277, serie B, 1973, pp. 187-190), *Ondes stationnaires et progressives de la circulation atmosphérique à 200 mb dans l'hémisphère sud étudiées à l'aide de l'expérience EOLE* (Annales de Géophysique, Paris, 1973, t. 29, pp. 525-537).
- DETTWILLER, J.: *Caractéristiques du jet subtropical sur le NW de l'Afrique*, Monographies de la Météorologie Nationale, n.º 58, Paris, 1967. Se basa en los resultados obtenidos con la ayuda de radars ubicados en el Sahara. Con el examen de los mapas al nivel de 200 mb y los sondeos diarios, muestra que la corriente en chorro subtropical afecta casi de manera permanente el Norte de Africa durante la estación fría. El autor precisa las características de esta corriente.
- DUE ROJO, A.: *El «jet stream» o río aéreo estratosférico*, Geofísica, vol. XIII, Madrid, 1954, pp. 117-122.
- EVANS, G., y KRAMER, M. P.: *Anotated bibliography on the jet stream*, Meteorological abstracts and bibliography, American Meteorological Society, Londres, 1953, pp. 822-845. Recopilación muy completa de los trabajos publicados hasta la fecha. La mayor parte de las referencias bibliográficas se completan con un breve resumen.
- HARE, F. K.: *The summer circulation of the arctic stratosphere below 30 km*, Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, n.º 368, Londres, 1960, pp. 126-143.
- JANSÁ, J. M.: *A propósito del «jet stream»*, Aeronáutica, vol. XIII, Madrid, 1953, pp. 190-198. Estudio de carácter informativo. Este mismo autor escribió unos años más tarde: *La ecuación del viento térmico y la corriente en chorro*, Geofísica, vol. XV, Madrid, 1956, pp. 323-344. Estudio de carácter teórico-experimental, en el que se plantean dos problemas: 1) Establecer las ecuaciones del viento térmico siguiendo un proceso que no haga perder de vista la significación física del razonamiento. 2) Análisis de las ecuaciones como medios que permitan presentar los rasgos esenciales de las corrientes en chorro. También es interesante el estudio *La corriente en chorro mediterránea*, Saetabi, Valencia, 1963, pp. 87-104.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.: *Vientos de la alta atmósfera*, Estudios Geográficos, Madrid, 1954, pp. 441-462. Del mismo autor también es muy interesante el estudio *Las corrientes en chorro y las perturbaciones atmosféricas*, Estudios Geográficos, Madrid, 1959, pp. 299-366. Trabajo muy claro y sistemático, en el que se plantean la mayor parte de los problemas acerca de la circulación atmosférica. Es interesante la parte gráfica recopilada y abundante la información bibliográfica (150 citas). El estudio resume perfectamente el estado de la cuestión hasta la fecha de publicación.

- MEDINA, M.: *La circulación en la alta atmósfera*, Aeronáutica y Astronáutica, Madrid, 1959, pp. 18-23. Estudio de carácter informativo, muy sencillo y esquemático.
- REITER, E. R.: *The layer of maximum wind*, Journal of Meteorology, American Meteorological Society, vol. XV, n.º 1, Boston, 1958, pp. 27-43. Del mismo autor: *The detailed structure of the wind field near the jet stream*, Journal of Meteorology, American Meteorological Society, vol. XVIII, n.º 1, Boston, 1961, pp. 9-30. También: *Jet-stream Meteorology*, University of Chicago Press, Chicago, 1963, 515 páginas. (Bibliografía abundante y actualizada.) Finalmente, hemos de destacar del mismo autor: *Jet-streams and turbulence*, Chicago, 1964, pp. 13-33. Estos trabajos constituyen una documentación fundamental para cualquier estudio sobre circulación de la atmósfera. Suponen una exposición clara y rigurosa del estado de la cuestión hasta los primeros años del sexto decenio; al mismo tiempo, quedan sistematizados varios caracteres importantes de las corrientes en chorro.
- RODRÍGUEZ FRANCO, P.: *Notas sobre las corrientes en chorro*, Geofísica, vol. XIV, Madrid, 1955, pp. 313-346. Se resumen los conocimientos existentes sobre las corrientes en chorro y se relacionan éstas con la formación de vórtices cerrados ciclónicos. Unos años más tarde, el mismo autor abordó de nuevo el tema en el trabajo titulado *Nuevos estudios sobre la corriente en chorro*, Geofísica, vol. XX, Madrid, 1961, pp. 29-47. En este estudio analiza, en primer lugar, la estructura de la corriente en chorro según un corte vertical normal. A continuación, observa la distribución de frecuencias de la corriente en chorro en el Hemisferio Norte según valores medios mensuales. Finalmente, estudia el papel que desempeña en la situación meteorológica de la Península Ibérica la inestabilidad de la corriente en chorro, que determina la formación de vórtices ciclónicos al Sur de ella y anticiclónicos al Norte.
- UNIVERSITY OF WISCONSIN PRESS: *Atlas of 300 mb. Wind characteristics for the Northern Hemisphere*, Wisconsin, 1960.
- W. M. O.: *Observational characteristics of the jet-stream*, Technical Note, n.º 19, Monografía de gran interés por su actualidad.
- VASSY, E.: *La haute atmosphère*, La Météorologie, n.º 35, París, 1954, pp. 185-194. Cuadro general de los métodos indirectos que han permitido conseguir informaciones acerca de las regiones elevadas de la atmósfera y confrontación con los resultados obtenidos recientemente por medio de cohetes.

#### 4. Masas de aire y discontinuidades atmosféricas

Después de la formulación por T. Bergeron del concepto de masa de aire, se realizaron numerosos trabajos de carácter general y sobre regiones muy diversas. Evidentemente, la información bibliográfica que sigue no es completa, pero hemos procurado que aparezcan trabajos diversificados.

- ARAKAWA, H.: *Die Luftmassen in den Japanischen Gebieten*, Zeitschrift für Meteorologie, Akademie Verlag, Berlín, 1937, pp. 407-410. Es uno de los primeros trabajos que se realizaron acerca de la frecuencia de masas de aire sobre una región. El autor utiliza la clasificación de BERGERON.
- BELASCO, J. E.: *Characteristics of air masses over the British Isles*, Geophysical Memoir, Meteorological Office, vol. XI, n.º 87, Londres, 1952. Es el primer estudio que se realiza sobre frecuencias de masas de aire en las Islas Británicas. Se trata de un trabajo minucioso, mucho más completo que el anterior, que conviene tener presente como estudio metodológico.
- BERGERON, T.: *Über die dreidimensional verknüpfende wetteranalyse*. Part 1: *Prinzipelle einföhrung in das problem der luftmassen und frontenbildung*, Geofysiske Publikasjoner, Noske Videnskaps Akademi, vol. V, n.º 6, Oslo, 1928, pp. 1-11. Trabajo de gran valor, no sólo por lo que representó en la sistematización y racionalización de la Climatología,

sino porque todavía hoy es utilizado con pequeñas variantes o adaptaciones. La clasificación de BERGERON aparece recogida en casi todos los trabajos de Climatología dinámica. Representa, por tanto, un hito en la evolución de las ciencias del tiempo.

- BIEL LUCEA, J.: *Masas aéreas troposféricas de España*, Rev. «Universidad», vol. II, n.º 4, Zaragoza, 1943.
- BLANCHET, G.: *Masses d'air et types de temps dans le Couloir Rhodanien*, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, vol. VIII, n.º 54, Offenbach, 1959, pp. 197-202. Estudio muy sencillo en el que el interés fundamental consiste en los cuadros estadísticos de frecuencias.
- BULL, G. A.: *Weather conditions over the central and western Mediterranean during the period February 10-14, 1929*, Profesional Notes, vol. IV, n.º 60, Londres, 1930. Analiza la influencia del frente polar en las regiones del Mediterráneo occidental y central.
- DETWILLER, J.: *Note sur la structure du front intertropical boréal sur le Nord-Ouest de l'Afrique*, La Météorologie, vol. VI, París, 1965, pp. 9-38.
- DINIES, E.: *Luftkörper Klimatologie*, Arch. Dtsch., vol. 50, n.º 6, Seewarte, 1932, 21 páginas.
- FLOHN, H.: *Neue wege in der Klimatologie*, Frankfurt, 1936, pp. 12-21. Analiza y establece las relaciones entre las masas de aire y singularidades climáticas.
- FONT TULLOT, I.: *Las invasiones de aire caliente en el Archipiélago Canario*, Geofísica, volumen IX, Madrid, 1950, pp. 234-249. Analiza las características que la invasión de aire cálido origina en el clima de Canarias. Del mismo autor también es interesante: *Perturbaciones tropicales del tiempo atmosférico en la región de Canarias y Sahara Español*, Geofísica, vol. X, Madrid, 1955, pp. 139-152. Analiza las perturbaciones que presentan una cierta semejanza con las que afectan a las Antillas; corresponden a las perturbaciones que los franceses llaman «sahariano-sudanesas». También estudia las corrientes perturbadas originadas al Norte del frente intertropical, cuando circula una corriente del Este bien marcada.
- FOWLER, E. C., BRYSON, R. A., y RIEBEL, H. W.: *The air masses of the Mediterranean*, en «A report of synoptic conditions in the Mediterranean area», University of Chicago, Institute of Meteorology, Misc. Reports, Chicago, 1943, pp. 3-28. Es uno de los primeros trabajos sobre las frecuencias de masas de aire en el Mediterráneo. Los resultados estadísticos obtenidos apenas se apartan de los aportados por trabajos más modernos.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L.: *Olas de frío*, Tempero, Zaragoza, febrero 1960, pp. 26-31. Del mismo autor: *Olas de calor*, *id.*, agosto 1960, pp. 12-25. También: *Masas de aire, olas de frío y de calor*, Boletín Mensual Climatológico, Servicio Meteorológico Nacional, Madrid, 1963, pp. 2-9. Todos ellos son trabajos muy sencillos y elementales.
- GENTILLI, I.: *Air masses of the Southern Hemisphere*, Weather, Royal Meteorological Society, vol. IV, Londres, 1949, pp. 258-261. Utiliza la clasificación de BERGERON.
- JANSÁ, J. M.: *La masa de aire mediterránea*, Geofísica, vol. XVIII, Madrid, 1959, pp. 35-50. Se plantea la cuestión de la existencia o no de una masa específicamente mediterránea. El autor llega a una conclusión afirmativa, aunque sólo le concede una potencia de 2.000 m. Del mismo autor también es muy interesante el trabajo titulado *El frente mediterráneo*, Geofísica, vol. XXI, Madrid, 1962, pp. 249-259. Considera que éste es un accidente del frente polar atlántico-europeo. La mayor parte de las veces consiste en un segmento de aquí; en ocasiones es un duplicado del mismo; y, sólo algunas veces, aparece como frente independiente. Alcanza la máxima frecuencia en invierno.
- LANDI, A.: *Il fronte tropicale sul Mediterraneo*, Rivista di Meteorologia Aeronautica, volumen III, Roma, 1939, pp. 3-25. Es el primer estudio sobre frentes que se realiza en el Mediterráneo; bastante esquemático, tuvo escasa repercusión.
- LAZO, E.: *Sobre los frentes fríos y su división* (traducción del alemán), Notas Técnicas del Centro de Análisis y Predicción, Servicio Meteorológico Nacional, n.º 13, Madrid, 1964, 31 pág. Del mismo autor: *La gota de aire frío*, Aeronáutica, Madrid, 1955, pp. 952-960.
- LU, A.: *Winter frontology of China*, Bulletin of the American Meteorological Society, volumen VIII, Boston, 1945, pp. 310-314. Analiza los frentes y masas de aire sobre China, estableciendo unos índices de frecuencias. El trabajo es semejante al que unos años antes había realizado C. W. Tu.
- MEDINA, M.: *Los frentes activos, chorros de viento térmico*, Geofísica, vol. XIX, Madrid,

- 1960, pp. 395-418. Se estudian las consecuencias de este modo de interpretar los frentes térmicos y, entre otras, aparece una explicación que parece clara del conocido fenómeno de «rotura de la tropopausa».
- MEYNIER, A.: *Air équatorial et front intertropical*, Norois, n.º 14, París, 1957, pp. 161-173.
- MORÁN, F.: *Las superficies de discontinuidad en la atmósfera*, Anales de la Sociedad Española de Meteorología, vol. II, Madrid, 1928, pp. 3-8.
- NAMIAS, J.: *An introduction to the study of air mass and isentropic analysis*, American Meteorological Society, Boston, 1940, 232 páginas. (Bibliografía abundante.)
- REED, R. I.: *Principal frontal zones of the Northern Hemisphere in winter and summer*, Bulletin of the American Meteorological Society, vol. XLI, Boston, pp. 591-598.
- ROY, A. K.: *Study of air mass characteristics over India an the use of upper air charts*, Monthly Rainfall of India, vol. XV, 1949, pp. 301-305. Es el primer trabajo que se realiza en la India sobre características y frecuencias de las masas de aire.
- SCHAMP, H.: *Iufkörperklimatologie des Grieschischen-Mittelmeergebietes*, Frankfurt Geogr., vol. XIII, 1939. Es el primer trabajo que se realiza acerca de las masas de aire en el Mediterráneo. Se utiliza la clasificación de BERGERON.
- SERRA, A.: *Sulle caratteristiche fisiche delle principali masse d'aria nel Mediterraneo occidentale*, Rivista di Meteorologia Aeronautica, vol. IX, n.º 1, Roma, 1949, pp. 3-18.
- TU, C. W.: *Chinese air mass properties*, Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, vol. LXV, Londres, 1939, pp. 33-51. Es el primer trabajo que se realiza acerca de las características y frecuencias de las masas de aire en China.
- WILLETT, H. C.: *American air mass properties*, Mass. Inst. Tech., Woods Hole Oceanog. Inst., Massachusetts, 1933. Es el primer estudio que se realiza sobre las características y frecuencias de las masas de aire en América del Norte.

## 5. Caracteres específicos de las circulaciones regionales

En este subapartado incluimos todos aquellos trabajos que tratan de aspectos muy concretos de la circulación y los referidos a unas determinadas zonas o regiones. Con el fin de conseguir una mayor sistematización, hemos agrupado la bibliografía seleccionada en cuatro apartados, que se corresponden con la división esquemática y tradicional de los climas en tropicales, templados, fríos y de montaña.

### A. Caracteres de la circulación en la zona intertropical

- AKHĻAQ, E.: *El violento temporal ciclónico de Paquistán Oriental. 12-13 de noviembre de 1970*, Bol. O.M.M., vol. XX, Ginebra, 1971, pp. 111-113.
- ALAKA, M. A.: *Problems of tropical meteorology*, O.M.M., Not. Tech., n.º 62.
- DELOURME, A.: *De la circulation atmosphérique et de l'influence de l'air polaire dans les régions intertropicales de l'Atlantique*, Mémorial de la Météorologie Nationale, n.º 41, París, 1956, 47 páginas. Estudia la circulación general en las regiones tropicales entre los meridianos 20° W y 70° W. Analiza las masas de aire, insistiendo en su origen y principales trayectorias. El estudio concluye con una clasificación de tipos de tiempo muy esquemática y sencilla.
- DURAN-DASTES, F.: *Remarques sur les pluies d'été aux Indes*, Annales de Géographie, n.º 379, París, 1961, pp. 225-254. Estudio muy interesante. Aporta observaciones muy originales; introduce dos elementos nuevos de explicación: 1) Distingue un talweg que generalmente no coincide con el cinturón de convergencia intertropical; la posición del talweg y la intensidad de la convergencia explican —según el autor— los caracteres esenciales de las fluctuaciones observadas en la distribución de las zonas lluviosas. 2) Observa que la corriente en chorro (localizada por P. KOTESWARAN hacia el paralelo 15°, y explicada

- por H. FLOHN) determina en los niveles elevados áreas de divergencia que pueden originar ciclones en superficie (teoría de la divergencia de SCHERHAG). Es importante la documentación gráfica y bibliográfica.
- EMSALEM, R.: *Sur la mousson d'Asie*, Revue de Géographie de Lyon, 1953, pp. 217-228. Estudio de carácter informativo.
- FLOHN, H.: *Tropical circulation patterns*, W.M.O., Not. Tech., n.º 9, 1971. Estudio breve pero muy interesante y actualizado. Analiza la depresión térmica del NW que ha suscitado numerosas investigaciones sin conclusión definitiva; las precipitaciones sobre el litoral de Bombay están relacionadas con una ciclogénesis subtropical (teoría de RAMAGE), cuyo origen queda oscuro.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L.: *Ciclones tropicales*, Aeronáutica, Madrid, 1958, pp. 954-963.
- JALU, R.: *Note sur le déclenchement des dépressions tropicales sahariennes*, La Météorologie, París, 1965, pp. 113-128. Del mismo autor: *Tempête de sable sur le Sahara*, *id.*, páginas 105-112.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.: *Los monzones y el clima del Asia monzónica*, Estudios Geográficos, n.º 47, Madrid, 1952. Estudio de síntesis, muy documentado y riguroso. Bibliografía abundante y actualizada.
- MORÁN, F.: *Los ciclones tropicales*, Geofísica, vol. VI, Madrid, 1947, pp. 465-476.
- O. M. M.: *Seminario sobre los huracanes del Caribe celebrado en Ciudad Trujillo*, Librería Dominicana, Ciudad Trujillo, 1957, 409 páginas. Contiene trabajos de gran interés y muy actualizados.
- PEDELABORDE, P.: *Les moussons*, Armand Cloin, París, 1958, 208 páginas. (En 1975 se realizó una nueva edición.) Obra de gran interés, presenta los conocimientos fundamentales acerca de este sistema de circulación. Comienza la obra con una parte dedicada al análisis de las acepciones diversas del término monzón y los mecanismos que los originan. La segunda parte se dedica al estudio detallado de los monzones asiáticos, y sólo el último capítulo trata de los monzones no asiáticos. El estudio conserva un gran interés, siendo importante la documentación bibliográfica.
- RIEHL: *Tropical Meteorology*, Londres-Nueva York, 1954, 329 páginas. Esta obra todavía no ha sido superada. Comprende más de 100 artículos y tesis.
- SALIVIA, L. A.: *Historia de los temporales de Puerto Rico*, San Juan, 1950, 393 páginas.
- WALKER, J. M.: *The monsoon, of Southern Asia*, Weather, Royal Meteorological Society, n.º 27, Londres, 1972, pp. 178-189. Trabajo muy interesante y actualizado, con información bibliográfica. El autor pasa rápidamente sobre las teorías menos recientes y supone conocida la síntesis de P. PEDELABORDE. Plantea y discute los problemas no resueltos: opone las posiciones de PISHAROTY y de FINDLATER sobre el flujo transecuatorial; recuerda los estudios de correlaciones entre los vientos del Este y las lluvias sobre la costa occidental, pero considera la explicación insuficiente, puesto que las precipitaciones en Assam comienzan con anterioridad a la inversión del flujo superior.
- Particular interés merecen algunos de los trabajos comprendidos en un número especial de la «Météorologie» (VIª serie, n.º 6, Septiembre 1976) dedicado a la «Météorologie tropicale». La segunda parte se dedica a la dinámica atmosférica del Africa tropical; a continuación de un breve estudio sobre la atmósfera y la circulación general en la zona realizado por H. Riehl (pág. 111), aparecen una serie de trabajos que constituyen una aportación importante para la actualización de estos problemas. Por su interés geográfico conviene destacar:
- GARNIER, R.: *L'équateur météorologique*, pág. 113.
- BURPEE, R. W.: *Structure énergétique des ondes d'Est*, pág. 137.
- VILTARD, A., y FELICE, P. DE: *Modèles d'ondes d'Est à 200 mb*, pág. 149.
- FINAUD, L.: *Tracé et interprétation du champ de vent sur l'Afrique de l'Ouest*, pág. 167.
- FELICE, P. DE, y VILTARD, A.: *Aérojet subtropical d'hiver et nuages associés*, pág. 223.

La tercera parte se dedica a los ciclones tropicales. Aunque para un estudio de la zona todos los trabajos encierran un notable interés, por su carácter más general destacaremos los siguientes:

- BERNET, G.: *Climatologie des cyclones aux Antilles Françaises*, pág. 229.  
GRAY, W.: *Genèse des cyclones tropicaux*, pág. 275.  
GAUTIER, C.: *Cyclogenèse tropicale*, pág. 297.

## B. Caracteres de la circulación en la zona templada

- AFFRONTI, F.: *Trombe d'aria sul basso Mediterraneo centrale*, Rivista de Meteorologia Aeronautica, vol. XXVI, n.º 4, Roma, 1966, pp. 32-55. Se estudia el tornado más violento de los cuatro que tuvieron lugar el mismo día en las costas meridionales y orientales de Sicilia. Después de una investigación a escala sinóptica y local, se llega a la conclusión de que es de origen convectivo y que puede explicarse con la teoría termodinámica de SHOWALTER.
- BLOKLAND, D. E.: *En imposante hoos aan de Costa Brava (An impressive waterspout at Costa Brava)*, Hemel en Dampkring, vol. LXV, n.º 12, The Hague, 1965, pp. 348-349. Descripción de una tromba de agua que se formó en San Antonio de Calonge. El tronco de la tromba alcanzó unos 1.000 m de longitud y el fenómeno duró unos 30 minutos.
- BOSSOLASCO, M., DAGUINO, I., y FLOCCHINI, G.: *I temporali sul Mediterraneo ed il tempo in grande*, Geofísica e Meteorologia, vol. XV, n.º 5-6, Génova, 1966, pp. 113-129. En primer lugar, se realiza una descripción de la actividad tormentosa en el Mediterráneo durante el período 1961-1965. A continuación, un estudio de las situaciones meteorológicas a gran escala sirve de base para establecer las características fundamentales de la actividad tormentosa que corresponde a cada situación a gran escala.
- BROOKS, C. E. P.: *Annual recurrences of weather: «Singularities»*, Weather, Royal Meteorological Society, n.º 4 y 5, Londres, 1946, pp. 107-113 y 130-134. El autor sigue el método de análisis de H. FLOHN. El trabajo está dedicado a las Islas Británicas.
- DIMACOPOULOS, M. G.: *Les étésiens*, La Météorologie, n.º 73, París, 1964, pp. 15-21. Después de una descripción de carácter general de los etesios, estudia la situación isobárica al nivel de superficie y en altura, proponiendo una clasificación de diferentes tipos de etesios. Según el autor, la falta de precipitaciones durante los períodos de etesios es consecuencia de la situación isobárica en altura.
- GEORGII, W.: *Contribución a la aerología argentina*, Anales del Departamento de Investigaciones Científicas, Cuaderno 1, Mendoza, 1952, pp. 1-70.
- GLEESON, T. A.: *Cyclogenesis in the Mediterranean region*, Florida State University, Dep. of Meteorology, Scientific Report, 1, Tallahassee, 1952, 30 páginas. Del mismo autor: *A comparison of cyclone frequencies in the North Atlantic and Mediterranean regions*, *id.*, Tallahassee, 1955, 12 páginas. Estudios muy interesantes para el dominio mediterráneo, particularmente el primero. Son valiosos los cuadros estadísticos.
- GRANDOSO, H. N., y NÚÑEZ, J.: *Análisis de una situación de bloqueo en la parte austral de América del Sur*, Meteoros, año V, n.º 1-2, Buenos Aires, 1955, pp. 35-54.
- GREGOR, A.: *Hiver artique dans le Sud et le Centre de l'Europe en Février 1929*, La Météorologie, 1931, pp. 77-81.
- LINES, A.: *Notas acerca de los temporales que afectaron a la Península Ibérica durante el primer trimestre del año 1956*, Geofísica, vol. XV, Madrid, 1956, pp. 477-490. El autor realiza este trabajo para el período comprendido entre la fecha anterior y diciembre de 1963. Estos análisis, todos publicados en Geofísica, entre los volúmenes XV y XXIII, se refieren a períodos de tres, cuatro o seis meses. En cada uno de estos estudios —21 en total— se describen las características generales del tiempo para cada mes, y analiza los temporales que afectaron a la Península Ibérica, con mapas a distintos niveles (superficie, 700, 500 y 300 mb). El trabajo es muy interesante y hemos de lamentar que se haya interrumpido.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.: *El supuesto monzón de la Península Ibérica*, Aportación Española al XXI Congreso Internacional de Geografía, Madrid, 1970, pp. 71-88. Trabajo de gran interés, en el que con abundante documentación rigurosamente tratada, el autor rechaza la idea que se tenía acerca de la formación de una circulación de carácter monzónico sobre la Península Ibérica. El autor llega a la conclusión de que las situaciones autóct-

tonas de alta, centrada en la Península durante el invierno, son muy escasas; los tiempos anticiclónicos son de origen variado y alternan con otros de tipo ciclónico. Por otra parte, aunque durante el verano es frecuente una baja térmica superficial centrada, no origina lluvias generales, sino tormentas localizadas. Por consiguiente, sobre la Península no se registra una inversión en el sentido de la circulación y no se puede hablar de auténticos monzones. El trabajo está documentado con un seleccionado material gráfico y bibliografía abundante y actualizada.

- MIRONOVITCH, V.: *Sur l'origine du cyclone tropical du mois de septembre 1938*, La Météorologie, París, 1940, pp. 42-54. Analiza el origen, trayectoria y evolución de un ciclón de origen tropical que alcanzó Francia. El trabajo es riguroso y está documentado con mapas a diferentes niveles.
- PALMEN, E.: *The aerology of extratropical disturbances*, en «Compendium of Meteorology», Boston, 1951, pp. 599-620. Estudio fundamental, con abundante documentación bibliográfica.
- PETTERSSSEN, S., y SMEBYE, S. I.: *On the development of extratropical cyclones*, Londres, 1971, pp. 457-482.
- PRIBISCH, V., y BORDEIANU, ST.: *Unele conditii necesare pentru dezvoltarea si desplasararea ciclonilor mediteranieni*, Institutul Meteorologic, Bucarest, 1966, pp. 67-84. Se analiza la relación entre los ciclones que se han desplazado sobre el Mediterráneo entre 1957 y 1962 y la existencia y evolución de una corriente en chorro.
- REITER, E. R.: *Digest of selected weather problems of the Mediterranean*, U. S. Navy Weather Research Facility Norfolk Va. Navnearschfac Technical Paper, 1971, 144 páginas. Obra fundamental para el dominio mediterráneo. Se realiza un análisis del Mistral, las depresiones de Génova y las depresiones del Norte de África; de cada uno de estos fenómenos se analiza el régimen diario y estacional, la distribución geográfica y el cálculo de probabilidades. El estudio está documentado con unos apéndices muy interesantes sobre las tendencias normales de la presión a las horas sinópticas, mapas medios y de desviación normal en el nivel de 500 mb, y estadísticas de la frecuencia de los etesios.
- RODRÍGUEZ FRANCO, P.: *Máximos de viento y formación de depresiones sobre la Península Ibérica y mar Mediterráneo occidental*, Geofísica, vol. XVII, Madrid, 1958, pp. 275-304. Se estudian una serie de situaciones, deduciéndose la relación entre máximos de viento y desarrollo ciclónico. Del mismo autor hemos de destacar el trabajo titulado *Influencia de la circulación atmosférica de la alta troposfera en el desencadenamiento de inestabilidad sobre la Península Ibérica*, id., vol. XXI, Madrid, 1962, pp. 15-38. Se analiza la influencia que la circulación atmosférica en la alta troposfera tiene sobre los procesos de desarrollo, ahondamiento y desplazamiento de depresiones en superficie sobre la Península Ibérica. Este estudio, como el anterior, está muy documentado, con bibliografía actualizada y mapas a diferentes niveles.
- ROSENTHAL, S. L., y GLEESON, T. A.: *The temporal and geographic distribution of sea level anticyclogenesis affecting the Mediterranean weather*, Florida State University, Dep. of Meteorology, Scientific Report, J. Tallehassee, 1953.
- SCHWERDFEGER, W.: *Análisis sinóptico y aspecto climatológico de dos distintos tipos de depresiones bálticas en el Norte de Argentina*, Meteoros, año IV, n.º 4, Buenos Aires, 1954, pp. 301-323.
- SHIDELER, D., y MEANS, L.: *Thunderstorms in the Mediterranean area*, en «A report on synoptic conditions in the Mediterranean area», University of Chicago, Institute of Meteorology, Misc. Reports, 14, Chicago, 1943, pp. 135-138.
- VAN BEBBER, W. I.: *Die hauptwetterlagen in Europa*, Stuttgart, 1898, 219 páginas. Obra clásica, aunque todavía hoy se cita, comenta e incluso se utiliza en los modernos estudios de Climatología sinóptica. La mayor parte de los estudios posteriores realizados acerca de las vías de penetración en Europa de las corrientes perturbadas se apoyan en el trabajo de VAN BEBBER.
- WARD, A.: *Unusual August weather over southern Spain and Portugal*, Meteorological Magazine, vol. 82, n.º 968, Londres, 1953, pp. 38-41. Se analiza el tipo de tiempo excepcional de lluvias tormentosas durante el mes de agosto de 1952. Se estudia la situación

sinóptica y la temperatura y humedad en los niveles elevados. El trabajo está documentado con mapas de superficie y altura.

WOLCREN, K.: *Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en Argentina*, Meteoros, año IV, n.º 4, Buenos Aires, 1954, pp. 327-366. Estudio muy sencillo en el que se pone en relación el régimen y distribución espacial de las lluvias con la circulación regional.

### C. Caracteres de la circulación en las regiones frías y polares

La bibliografía existente acerca de estos dominios climatológicos es escasa, y buena parte de ella de difícil acceso. Entre el material de que disponemos, hemos intentado seleccionar una serie de estudios que pensamos son fundamentales. Hemos de destacar los trabajos que forman parte de las actas de los simposium de Oslo (1956) y Melbourne (1960); en ambos compendios se encuentran trabajos muy interesantes; ahora bien, en la relación que sigue sólo destacaremos algunos por su contenido más extenso.

- ASTAPENKO, P. D.: *Problems of the circulation of the atmosphere in the Antarctic*, Symposium Melbourne, Pergamon Press, Oxford, 1960. Trabajo fundamental para el estudio de las regiones polares del Hemisferio Sur. Bibliografía abundante y actualizada.
- BARRY, R. G.: *A synoptic climatology for Labrador*, McGill University, Montreal, 1959, 168 páginas. Del mismo autor: *A note on the synoptic climatology of Labrador-Ungava*, Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, vol. 86, Londres, 1960, pp. 557-565. Estos trabajos ofrecen un evidente interés conceptual y metodológico. Su consulta resulta de estimable valor para iniciarse en esta problemática.
- CALLEUX, A.: *L'Antarctique*, P.U.F., col. «Que sais-je?», n.º 1249, París, 1967, 128 páginas. Obra de carácter general muy sencilla.
- FLOWERS, E.: *The atmosphere from the surface to 50 mb. over the South Pole during 1957*, Symposium Melbourne, Pergamon Press, Oxford, 1960.
- GOUSERT, A. M.: *The theoretical chart of air circulation over the Antarctic*, Symposium Melbourne, Pergamon Press, Oxford, 1960.
- HARE, F. K., GODSON, W. L., MCFARLANE, M. A., y WILSON, C. V.: *Specification of pressure fields and techniques*, McGill University, Montreal, 1957, 72 páginas.
- KREBS, S., y BARRY, R. G.: *The arctic front and the tundra-taiga boundary in Eurasia*, Geographical Review, 60, 1970, pp. 548-554.
- ORVIG, S., y cols.: *Climates of the Polar regions*, en «World Survey of Climatology», volumen XIV, Elsevier Publishing Company, Amsterdam-Londres-Nueva York. (En prensa.)
- PAGNEY, P.: *Les climats polaires*, C.D.U., París, 1970, 91 páginas. Explicación dinámica de los climas polares, preparada por el autor para sus discípulos de Geografía de la Universidad de Dijon. El estudio sigue la metodología sistematizada por P. PEDELABORDE. Tanto la documentación gráfica como la información bibliográfica es interesante y actualizada, por lo que constituye un instrumento de notable valor para el conocimiento de los climas polares.
- PEGUY, CH. P.: *Hautes altitudes et hautes latitudes*, Cahiers Information Géographique, n.º 2, París, 1953, pp. 58-66. Artículo muy interesante como introducción a los climas fríos.
- REED, R. J., y KUNKEL, B. A.: *The arctic circulation in summer*, Journal of Meteorology, American Meteorological Society, vol. XVII, Boston, 1960, pp. 489-506. Representa una aportación particularmente interesante, con una nutrida bibliografía.
- SCHERHAG, R.: *The role of tropospheric cold air poles and of stratospheric High-pressure centers in the arctic weather*, Symposium at Oslo (2-8 de julio de 1956), Parte I: Meteorology section, Pergamon Press, Oxford, 1958.
- WILSON, C. V.: *Synoptic regimes in the lower arctic troposphere during*, McGill University, Montreal, 1958, 58 páginas.
- WILSON, H. P.: *The major factors of Arctic Climate*, en «Geology of the Arctic», Symposium Calgary, pp. 915-930.

### D. Caracteres de la circulación en las regiones de montaña

Es evidente que las regiones montañosas introducen importantes modificaciones en la circulación regional y originan efectos de difícil conocimiento. Por ello, la bibliografía acerca de esta problemática es muy escasa, y generalmente está dedicada a estudios de climas locales. Una fuente muy interesante de información la constituyen los «Congresos de Meteorología Alpina»; concretamente, entre las ponencias presentadas en los Congresos de Sestrière (1962) y Oberstdorf (1970), hemos encontrado trabajos de un importante valor para el conocimiento de estos problemas. En esta relación sólo recogemos algunos de ellos.

- AFFRONTI, F.: *Le nubi d'onda sull'Etna con fusse occidentale* (Ponencia presentada en el VII Congreso de Meteorología Alpina), Geofísica e Meteorologia, vol. XI, Gênes, 1963, pp. 75-80. Se analizan las condiciones aerológicas y sinópticas que favorecen la formación de la nube lenticular conocida por «Contessa del Vento»: 1) Una corriente del W cuya velocidad aumenta con la altura. 2) Una masa de aire estable y poco húmeda. 3) Una depresión centrada en la cuenca del Mediterráneo occidental.
- CASTANYNS, M.: *Ondas estacionarias sobre España*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie A (Memorias), n.º 23, Madrid, 1954, 16 páginas. La formación de ondas estacionarias sobre España se observa en situaciones del Norte, asociadas al paso de una configuración depresionaria hacia el Mediterráneo. Es uno de los primeros trabajos que sobre estos problemas se realizaron en España.
- BALDIT, A.: *Météorologie du relief terrestre*, Gauthier-Villars, París, 1929. Del mismo autor: *Les perturbations dues au relief terrestre et l'aviation*, La Météorologie, París, 1935, pp. 267-312. Trabajos clásicos, aunque conservan un notable interés.
- BENEVENT, E.: *Le Climat des Alpes françaises* (tesis doctoral), Mémorial O.N.M., París, 1926.
- DEMANGEOT, J.: *Le climat du Grand Sasso d'Italie*, Méditerranée, Aix-Marseille, 1960, páginas 95-131.
- ESTIENNE, P.: *Recherches sur le climat du Massif Central français*, Mémorial de la Météorologie Nationale, París, 1956.
- HOLMBOE, J.: *Investigation of Mountain lee Wave and the Airflow over the Sierra Nevada*, University of California, Department of Meteorology, Los Angeles, 1957.
- LEDESMA, M.: *Ondas de Montaña sobre España Central. Condiciones sinópticas que producen ondas de sotavento causadas por vientos del Sur sobre el sistema Montañoso Central de España*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie A (Memorias), n.º 33, Madrid, 1959, 24 páginas. Los modelos sinópticos que dan por resultado el fenómeno de las ondas de montaña se estudian sobre el mapa de 500 mb durante un período de doce años. La posibilidad de que se produzca una onda de montaña reside casi completamente en situaciones de «gota fría» y «bloqueo».
- MERTZ, P.: *Essai de classification des types de temps sur les Alpes d'après la disposition des isohypses a 500 mb.*, La Météorologie, París, 1957. Nueva concepción metodológica respecto a los estudios anteriormente citados. Trabajo fundamental, con parte gráfica muy interesante.
- MILLER, D. H.: *Snow cover and climate in the Sierra Nevada California*, Londres, 1955, 218 páginas. (Referencia en Annales de Géographie, París, 1956, pp. 456-461.)
- PEDELABORDE, P.: *La circulation atmosphérique sur les Pyrénées françaises*, C.D.U., París, 1959, 57 páginas. Se basa únicamente en los datos de tres años (1951-1953), por lo que el estudio se limita a establecer los rasgos fundamentales de la circulación regional. A pesar de la escasa información de base, el estudio resulta de una gran utilidad. La documentación gráfica es muy interesante.
- PICARD, A.: *Connaissance du foehn*, Information Géographique, n.º 5, París, 1958, pp. 209-220. Del mismo autor: *Contribution à l'étude du Suedfoehn d'Innsbruck* (tesis), Mémoires et Documents du C.N.R.S., París, 1964, 116 páginas (56 figuras). Es una obra de gran interés; consta de tres partes: en la primera se realiza un estudio topográfico de

- la región, incidiendo en las áreas que están afectadas por el foehn; la segunda es un estudio analítico del viento; en la tercera se realiza una explicación sinóptica del fenómeno. Esta última parte (pp. 75-112) constituye la aportación fundamental de la tesis.
- QUENEY, P.: *Recherches relatives à l'influence du relief sur les éléments météorologiques* (tesis), Société Météorologique de France, París, 1936. Del mismo autor: *The problem of air flow over Mountains*, Bull. American Meteorological Society, vol. XXIX, Boston, 1948, pp. 16-26. También: *Dynamique des courants aériens près des montagnes*, Ponencia presentada en el VII Congreso de Meteorología Alpina (Sestrière, 1962), Geofísica e Meteorología, vol. XI, Gênes, 1963, pp. 1-11. Este autor ha contribuido de manera decisiva a la sistematización de los problemas de la circulación en regiones montañosas. En el último de los trabajos, el más actualizado, el autor clasifica las deformaciones orográficas de las corrientes en tres grupos: 1) Perturbaciones de escala orológica. 2) Perturbaciones de escala sinóptica. 3) Perturbaciones de escala planetaria. El estudio constituye además una síntesis del estado de la problemática; describe las principales teorías (KÜTTNER, LYRA, SCORER, HOLMBOE, GERBIER y BERENGER, SAWYER y el propio QUENEY). Del mismo autor son igualmente sobresalientes: *Theory of perturbations in stratified currents with application to air flow over mountains* (Chicago Press, 1947), *The air flow over mountains* (wmo tech. Note n.º 34, edited by M. A. Alaka), *Séminaire d'été sur les perturbations d'obstacle à Lannion* (Reidel Publishing company Editor P. Morel).
- A. Videvielle realizó en 1975 un estudio sobre los trabajos del profesor P. Queney (La Météorologie, VI<sup>e</sup> serie, n.º 2, Septembre, 1975, pp. 147-155).
- SCHUEPP, M.: *Kalendarien der Wetter und Witterungslagen von 1955 bis 1967*, Veröff. Schweiz. Met. Zentr. Anst., Zurich, 1968. Este trabajo resulta de un continuado esfuerzo de concreción y sistematización. En 1957 el autor formuló un primer esquema de los tipos de tiempo registrados sobre los Alpes. Este primer análisis se basa en el estudio sistemático de los mapas de 500 mb y 1.000 mb. Distingue para cada uno de los niveles considerados once posibles tipos de flujo, uno para cada una de las ocho direcciones principales, más las situaciones que el autor denomina de «alta», «baja» e «indeterminada». De la combinación de todas las posibles situaciones resultan un total de 121 «wetterlagen». El resultado, como apuntó GRESSEL, resultaba innecesariamente detallado, al tiempo que era incapaz de ofrecer una perspectiva de la evolución del tiempo. El propio SCHUEPP llevó a cabo un replanteamiento de la clasificación en 1959, y posteriormente en 1968. Para este nuevo enfoque el autor tuvo en cuenta los principios que LAUCHER había fijado respecto a la relación entre los flujos de superficie y altura. De esta manera los tipos de tiempo quedaron reducidos a treinta y tres, agrupados en seis «witterungslagen». Esta nueva clasificación ha sido adoptada por el Instituto Suizo de Meteorología.
- STRIFFLING, M.: *Direction du vent et isohyses sur les massifs montagneux*, Geofísica e Meteorología, vol. XI, Gênes, 1963, pp. 151-153. Observa cómo la rugosidad del sustrato en la región de los montes Cevennes suprime la fuerza desviadora de Coriolis, y el viento sigue la dirección marcada por el gradiente de presión.
- TRAUTSOLT, I.: *Recherches sur les climats du Jura français*, Annales de Géographie, París, 1969, pp. 405-434.
- WELL, A.: *Sur les perturbations orographiques stationnaires d'échelle moyenne*, La Météorologie, París, VI<sup>e</sup> serie, n.º 5, Juin, 1976, pág. 43. Se describen algunos resultados relativos a las perturbaciones orográficas estacionarias de amplitud limitada. Se destaca: 1) El papel del aumento de amplitud de las ondas en función de la altitud en la formación de la turbulencia en situación de cielo despejado. 2) La modificación de las ecuaciones aerodinámicas por la condensación de vapor de agua. 3) Se concluye la necesidad de estudiar el problema en sus aspectos evolutivos. Bibliografía abundante y actualizada (25 citas). Del mismo autor también son muy importantes: *Recherche d'une répartition de température virtuelle permettant de traiter le problème des perturbations aérodynamiques stationnaires à l'aide de coefficients constants* (C. R. Acad. Sc. Paris, t. 271, pp. 65-68), *Etude analytique des perturbations stationnaires engendrées par une discontinuité simple dans le champ du vent, à l'amont d'une obstacle dans une fluide stratifié*

(C. R. Acad. Sc. Paris, t. 171, pp. 293-296), *Contribution à l'étude des perturbations de relief en météorologie* (Tesis doctoral presentada, en 1971, en la Facultad de Ciencias, París VI).

Sobre estos problemas se puede consultar también el volumen especial que «La Météorologie» dedicó a la «Meteorología Alpina» (París, enero-junio de 1957). También la revista «Geofísica e Meteorología» dedicó un volumen a estos problemas (Gênes, XI, 1963).

## II. ESTUDIOS DE CLIMATOLOGIA A GRAN ESCALA

En este apartado agruparemos una serie de trabajos dedicados al estudio de situaciones atmosféricas referidas a amplios dominios. Como indicamos anteriormente, se trata de esquemas de unos tipos de circulación, y por consiguiente, abstracciones de unas realidades continuamente cambiantes. Estos estudios se han venido realizando desde comienzos de siglo; concretamente, en el antiguo «Forschungsinstitut für langfristige Witterungsvorhersage» se estudiaron las situaciones meteorológicas de Europa durante el período 1881-1944. Este método de trabajo alcanzó su mayor difusión durante el cuarto decenio, durante el cual se realizaron numerosos estudios, sobre todo por parte de meteorólogos y climatólogos alemanes. Con los descubrimientos incorporados durante y a continuación de la Segunda Guerra Mundial en el campo de la alta troposfera, quedaron en evidencia los graves errores que el método de estudio encierra cuando se aplica en Climatología. Por el contrario, resulta evidente el interés como material de orientación para el meteorólogo predictor.

- BAUR, F.: *Situaciones generales meteorológicas de Europa*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie A (Memorias), n.º 20, Madrid, 1949, pp. 21-55. Distingue 25 situaciones, que evidentemente no permiten plasmar ni siquiera de forma esquemática la notable variedad que se aprecia en el Continente.
- CENTRO DE ANÁLISIS Y PREDICCIÓN: *Catálogo de tipos de tiempo a gran escala en Europa*, Servicio Meteorológico Nacional, Madrid, 1970. Este catálogo resulta de un continuado esfuerzo. Concebido por F. BAUR en 1936, fue posteriormente revisado por el propio autor. Más tarde, fue modificado por HESS y BREZOWSKY, primero en 1952 y, finalmente, en 1969. El esfuerzo de estos autores por conseguir una clasificación de modelos sinópticos válida para Europa Central supuso la internacionalización del término «Grosswetterlage» (modelo de tiempo a gran escala, no necesariamente uniforme, sino, más bien, caracterizado por la coexistencia de tipos de tiempo físicamente relacionados). Esta clasificación alcanzó una gran difusión, sobre todo entre los autores germanos.
- CLERGET, M.: *Les types de temps en Méditerranée*, Annales de Géographie, XLVI, n.º 261, París, 1937, pp. 225-246. Presenta una información descriptiva de los diferentes tipos de tiempo en el Mediterráneo.
- EMSALEM, R.: *Les types de temps des climats chauds. Essai d'étude géographique à grande échelle*, Annales de Géographie, n.º 364, París, 1958, pp. 481-497.
- FÉNELON, P.: *Types de temps australiens*, Annales de Géographie, vol. LX, París, 1951, páginas 288-294.
- MEZIN, M.: *Evolution des types de temps en Europe occidentale*, Congrès de la Victoire, vol. II, A.F.A.S., París, 1945, pp. 171-183.
- QUENEY, P.: *Types de temps en Afrique du Nord et au Sahara septentrional*, Trav. Inst. Mét. Phys. Globe d'Algérie, fasc. 3, Argel, 1943, pp. 7-41.
- ROULLEAU, J.: *L'évolution du temps*, La Météorologie, n.º 33, París, 1954, pp. 209-220. El trabajo está dedicado al Hemisferio Norte; resume la clasificación, origen y evolución de las grandes masas de aire, y presenta un esquema muy simple de los tipos de tiempo.

- VIAUT, A.: *Les principaux types de temps de France, Méditerranée et Nord-Ouest de l'Afrique*, La Météorologie, París, 1945. Del mismo autor: *Les aspects du temps en Europe occidentale*, Blondel La Rougery, París, 1947.
- ZIMMERSCHIED, W.: *Acerca de las situaciones típicas de tiempo de la Península Ibérica*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie A (Memorias), n.º 20, Madrid, 1949, pp. 5-13. Se describen las situaciones típicas de tiempo para la Península Ibérica y se indica especialmente la diferencia fundamental respecto al desarrollo del tiempo en Alemania. Sólo distingue dos situaciones principales: «tipo de verano» y «tipo de invierno». No cabe duda de que en el reciente desarrollo de la Climatología sinóptica regional ha desempeñado un papel decisivo la cuidadosa elaboración de catálogos de tipos sinópticos, a pesar de que con frecuencia no se han elaborado en relación con los tipos de tiempo verdaderos. Además de los catálogos citados anteriormente, que pensamos son los más conocidos, habría que destacar los formulados por los rusos VANGENGHEIM y DZERDZEERKI (1968) para el conjunto del Hemisferio Norte, el de YOSHINO (1968) para las regiones orientales de Asia, y el de PUTNINS para Alaska (1969).

### III. ESTUDIOS DE CLIMATOLOGIA SINTETICA A ESCALA REGIONAL Y LOCAL

En los ficheros bibliográficos encontramos referencias de estudios de Climatología sintética regional desde finales del siglo pasado; en nuestro estudio anteriormente citado nos referimos a los trabajos de KÖPPEN, TEISSERENC DE BORT, ABERCROMBY, etc. Ahora bien, estos análisis pueden ser considerados como precedentes de una nueva tendencia en la investigación climatológica. Los comienzos de esta nueva tendencia pueden localizarse en el cuarto decenio, en relación con los progresos conseguidos en el conocimiento de la atmósfera, alcanzando una gran difusión a partir de los primeros años de la segunda mitad de siglo. Aquellos primeros trabajos quedan reducidos a esquemas de la compleja realidad de las condiciones atmosféricas regionales; normalmente consisten en modelos simplificados de la circulación regional, o establecen unas diferencias elementales entre las situaciones, basadas casi exclusivamente en rasgos del tiempo observados directamente. Por el contrario, en los nuevos estudios se utiliza como material de base los mapas a diferentes niveles y los sondeos, los mapas significativos y las fotografías obtenidas desde satélites, etc.; esta información permite un mejor conocimiento de la realidad atmosférica.

Aunque en todos los nuevos estudios se pretende considerar a la atmósfera como una realidad física, por diversas razones —con frecuencia la falta de información—, no siempre se consigue. Los métodos seguidos normalmente se diferencian mucho, lo que dificulta la comparación de los resultados y la posibilidad de llegar a una clasificación genética de los climas.

La agrupación de los trabajos en relación con las líneas metodológicas seguidas resulta muy difícil en estos momentos; por ello, en este apartado nos limitaremos a establecer una agrupación en función de la situación o carácter climático general de la región de estudio. Distinguiremos cuatro grupos, que se corresponden con los climas cálidos, templados, fríos y de montaña. En esta relación general incluiremos algunos trabajos clásicos, pero fundamentalmente estará integrada por aquellos que siguen las nuevas tendencias.

#### 1. Estudios de Climatología Sintética de las regiones de clima cálido

Los trabajos realizados acerca de este vasto dominio son poco numerosos y

de valor muy desigual. Con frecuencia se trata de estudios muy esquemáticos, que, aunque referidos a áreas relativamente concretas, podrían quedar clasificados en el grupo de estudios a gran escala; normalmente se reducen a la descripción de unos tipos de circulación y no llegan al análisis sinóptico de unos tipos de tiempo.

Por otra parte, la mayoría de los estudios que conocemos se dedican a regiones del Hemisferio Norte y, de manera particular, a las antiguas posesiones francesas en Africa, y a América del Sur. En consecuencia, el marco geográfico de la información bibliográfica queda muy incompleto, por lo que nos limitaremos a recoger algunos de los estudios, que bien por las innovaciones metodológicas, o por el interés de la región nos parece que merecen una consideración particular.

- HUETZ DE LEMPS, A.: *Le climat des Isles Canaries*, Ed. S.E.D.E.S., París, 1969. Excelente trabajo, muy geográfico y claro, de una región muy complicada por su situación en la zona de transición entre los cinturones de circulación templada y tropical. Puede clasificarse en la línea de investigación sistematizada por PEDELABORDE.
- LINES, A.: *Los temporales de las Islas Canarias*, Estudios Geográficos, XIV, Madrid, 1953, pp. 354-362. Describe el desarrollo y caracteres de los tiempos de temporal en las Islas Canarias. Analiza ejemplos concretos y describe las trayectorias seguidas.
- MAYENCON, R.: *Conditions synoptiques donnant lieu à des précipitations torrentielles au Sahara*, La Météorologie, París, 1962. Trabajo fundamental para el estudio de los chubascos convectivos de verano en las regiones tropicales. Muy interesante la documentación gráfica.
- LIMOZIN, P.: *Les pluies d'été à Dakar*, Annales de Géographie, LXXVIII, n.º 425, París, 1969, pp. 1-24. Distingue dos tipos de tiempo lluvioso en verano: 1) Lluvias de convección, originadas por la influencia del monzón (aire polar austral). 2) Lluvias de frente, originadas, bien por una advección de aire polar boreal en altura, o bien en la banda de discontinuidad entre el monzón y los vientos del Este. (Bibliografía actualizada.)
- NOIN, D.: *Types de temps d'été au Maroc*, «Annales de Géographie», LXXII, n.º 389, París, 1963, pp. 1-12. Supone una notable aportación respecto a la idea simplista de una estrecha relación entre el buen tiempo y las altas presiones subtropicales. Distingue y analiza cinco tipos de tiempo: 1) Buen tiempo cálido anticiclónico. 2) Buen tiempo relativamente fresco del NE. 3) Tiempo del Este muy cálido («chergui»). 4) Tiempo cálido y tormentoso de los alisos. 5) Tiempos ligeramente perturbados.
- PAGNEY, P.: *Le climat des Antilles*, 2 vols., Travaux de l'Institut de Hautes Etudes d'Amérique Latine, París, 1966. Uno de los estudios realizados sobre regiones tropicales más interesantes por su contenido y orientación metodológica (Ref. en Ann. Géogr., 1970).
- QUENEY, P.: *Classification aérologique des types de temps au Sahara français*, Trav. de l'Inst. de Rech. Saha., vol. III, 1945, pp. 13-26. A pesar de que fue uno de los primeros estudios realizados según la nuevas tendencias, continúa siendo fundamental. Muy interesante la documentación gráfica.
- SERRA, A.: *Meteorologia do N-Este Brasileiro*, Río de Janeiro, 1955, 120 páginas.
- VULQUIN, A.: *Les types de temps d'été dans le Brésil du Sud*, Bulletin de l'Association de Géographes français, n.º 336-337, París, 1965, pp. 16-27. Distingue tres tipos de tiempo fundamentales: 1) Anticiclónico. 2) De frente ondulado. 3) De frente frío. Analiza las modificaciones regionales. Al final aparece una corta discusión en la que participan EMSALEM, RUELLAN y PAGNEY.

Particular interés por su actualidad merecen los trabajos comprendidos en la primera parte del número especial de la Météorologie (VIª serie, n.º 6, Septiembre, 1976), dedicado a la «Météorologie tropicale». Conviene destacar los siguientes estudios:

- BERNET, G.: *Situations météorologiques et configurations nuageuses sur les Petites Antilles*, pág. 31. Estudia los caracteres climatológicos a partir del análisis de la circulación gene-

ral y de sus variaciones anuales, de las perturbaciones de la estación fría, de las irrupciones de aire sahariano en relación con los sistemas ondulatorios y las perturbaciones de invierno. Muy interesante la parte gráfica, con mapas de superficie, a 200 mb y fotografías desde satélites.

- BEAU, A., BOUHRIS, E., y BERGES, R.: *Aperçu de climatologie dynamique du Territoire Français des Afars et des Issas*, pág. 63. Después de definir las estaciones se analizan los tipos de tiempo, indicando la frecuencia de cada uno de ellos sobre la zona de estudio.
- GIRAUD, J. M., y GREGOIRE, P.: *Le climat soudano-sahélien. Année sèche - Année pluvieuse*, pág. 69. Después de estudiar los caracteres climáticos generales de la región de estudio, se analiza la génesis de las perturbaciones. Es interesante el estudio estadístico y espacial de las precipitaciones. Cuadros estadísticos.
- CAUCHARD, G., e INCHAUSPE, J.: *Le climat de la Polynésie*, pág. 83. En la primera parte se estudian los caracteres climáticos generales. En la segunda parte se analiza la circulación general, utilizando mapas de superficie y a 300 mb; se estudia la frecuencia de masas de aire y los sistemas nubosos en relación con las corrientes perturbadas. Estudio muy importante con bibliografía actualizada (25 citas).

## 2. Estudios de Climatología sintética de las regiones de clima templado

Los estudios acerca de regiones de esta zona climática son muy numerosos; en general, son también los que representan las más importantes innovaciones metodológicas. Ahora bien, como sucedía en el caso anterior, la mayoría tratan de regiones del Hemisferio Norte y, particularmente, de Europa.

La relación bibliográfica que sigue no pretende ni mucho menos ser completa; esto desbordaría la extensión posible del trabajo. Nos limitaremos a una serie de estudios recientes, distribuidos por áreas geográficas distintas. También incluiremos algunos trabajos que podemos considerar como clásicos, y otros dedicados a aspectos o áreas muy concretas. De esta manera, esperamos presentar un pequeño esquema de la situación actual de la problemática.

### A. Estudios clásicos

En la mayoría de los casos se trata de trabajos de carácter esquemático; analizan principalmente tipos de circulación. Se basan casi exclusivamente en información de superficie.

- ABERCROMBY, R.: *On certain types of British Weather*, Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, vol. IX, Londres, 1883, pp. 1-25.
- DOPORTO, M.: *Tipos de distribución isobárica y de tiempo en el Golfo de Vizcaya*, Trabajos del Observatorio Igueldo, Publicación n.º 4, San Sebastián, 1929.
- KUNOW, P.: *El clima de Valencia y Baleares*, Instituto Alfonso el Magnánimo, 1966. (Edición alemana, 1950.)
- LE GALL, A.: *Les types de temps du sud-Ouest de la France*, La Météorologie, París, 1934, pp. 307-408.
- MERINO, P. B.: *Estudio sobre las borrascas en la costa occidental de Galicia*, Observatorio Meteorológico del Colegio de la Compañía de Jesús en La Guardia, Tuy, 1893.
- VIAUT, A.: *Classification des régimes de perturbations en France, basée sur la position de l'anticyclone atlantique*, La Météorologie, París, 1925, pp. 20-37.
- WROBEL, J.: *Das klima von Katalonien und der Provinz Castellon auf Grund der Spanischen Wetterbeobachtungen der Jahre 1906-1925* (tesis doctoral), Greifswald, 1940, Publ. Archiv. der Deutschen Seewarte, vol. 60, n.º 3-4, Hamburgo, 1940. (Traducción de utilización interna en el Departamento de Geografía, Barcelona.)

- ALBENTOSA, L. M.: *Los climas de Cataluña. Estudio de Climatología dinámica*, 8 vols., Universidad de Barcelona, 1973, policop. (Resumen: Dep. de Publ. de la Universidad de Barcelona, 1974, 32 páginas.)
- BOUËT: *Climat et météorologie de la Suisse romande* (Préface de P. OGUEY), Payot, Lausanne, 1972. Es una síntesis de observaciones minuciosas realizadas durante un largo período. Es un estudio completo de Climatología (analítico y sinóptico). Los tipos de tiempo se estudian en el capítulo IX; se destacan cinco como fundamentales: tipos del SW, W, NW, NE y anticiclónico continental. La bibliografía es abundante y actualizada.
- CAPITANELLI, R. G.: *Les basses d'une classification génétique des climats de l'Argentine*, Mélanges de Géographie Offerts à M. OMER TULIPPE, Gembloux, 1968, pp. 200-233. Estudio muy claro de la dinámica atmosférica argentina. Como punto de partida divide el país en cuatro regiones: 1) Zona bajo la influencia predominante del anticiclón subtropical semipermanente del Atlántico. 2) Zona bajo la influencia predominante de las depresiones del NW. 3) Zona bajo la influencia predominante del anticiclón subtropical semipermanente del Pacífico. 4) Zona bajo la influencia predominante de las bajas presiones de la extremidad austral del país. En cada uno de estos apartados estudia con rigor las características, influencia y evolución del centro de acción dominante. Del mismo autor: *Climatología de Mendoza* (tesis doctoral), Instituto de Geografía, Mendoza, 1967. Constituye el trabajo más completo que conocemos de Climatología regional acerca de América del Sur. Realizado con gran rigor, constituye una síntesis excelente de la compleja realidad regional. Es muy interesante la documentación gráfica y bibliográfica.
- COMELLAS, J. L.: *Los estados del tiempo en la Cuenca de Pamplona*, Geographica, año X-XI, Zaragoza, 1963-1964, pp. 3-33. Trabajo muy interesante. Después de analizar la circulación regional establece una clasificación de tipos de tiempo y sus sucesiones (pp. 29-34); distingue tres tipos fundamentales —anticiclónicos, intercyclónicos y ciclónicos—, que a su vez subdivide respectivamente en cinco, cuatro y seis subtipos. La caracterización de cada uno de ellos se basa en valores de superficie.
- HUFY, A.: *Les types de temps synoptiques en Belgique*, B. Soc. Belge et Géogr., vol. 41, n.º 2, pp. 201-231. Trabajo fundamental, muy claro y geográfico, con abundante información bibliográfica.
- GORDON, J. C.: *Mediterranean synoptic weather and the associated 1.000-500 mb thickness pattern*, World Meteorological Organization, Technical Note, n.º 69, Gêneve, 1965, páginas 199-204.
- LAMB, H. H.: *British Isles weather types and a register of the daily sequence of circulation patterns 1861-1971*, Geophysical Memoirs, Meteorological Office, vol. XVI, n.º 116, Londres, 1972. Constituye sin duda uno de los estudios más ambiciosos de Climatología sinóptica. El cuadro estadístico de tipos de tiempo correspondientes a 110 años constituye un trabajo excelente que debería ser imitado en otros estados; sólo de esta manera será posible llevar a cabo clasificaciones genéticas de los climas. La clasificación de LAMB se basa en un primer esquema que el propio autor estableció en 1950, inspirado en un estudio de LEVCK, publicado en 1949. Esta última edición del catálogo ha sido adoptada por otros autores ingleses que han realizado análisis climáticos acerca de algunas regiones de las Islas Británicas.
- LONG, C. S.: *A classification of synoptic weather map pressure patterns over the British Isles by statistical methods and some related weather characteristics*, University of Southampton, 1967, 38 páginas.
- MURRAY, R., y LEWIS, R. P. W.: *Some aspects of the synoptic climatology of the British Isles as measured by simple indices*, The Meteorological Magazine, Meteorological Office, vol. 95, Londres, 1966, pp. 193-203.
- PEDELABORDE, P.: *Le climat du bassin parisien. Essai d'une méthode rationnelle de Climatologie Physique*, 2 vols., Genin, París, 1958. Constituye una de las obras maestras de la Climatología sinóptica; se trata de un trabajo fundamental, no sólo por el análisis de carácter regional que realiza, sino también, o mejor, sobre todo, por su valor metodológico y riqueza de información de carácter general. La tesis de P. PEDELABORDE es un estudio regional y a la vez un manual que cumple la doble función de información y

orientación. Constituye una puesta a punto excelente del estado de la Ciencia. Y aunque en estos momentos algunos de los aspectos sean discutibles, no por ello deja de constituir un hito en la evolución de la Climatología. No sólo aporta una serie de aspectos que completan o renuevan la concepción de esta región climática de la zona templada, sino que plantea cuestiones metodológicas de gran interés. Trata de precisar la génesis y estructura de una región climática. Somete a una crítica rigurosa los métodos empleados en Climatología y, a continuación, define con claridad el método que va a seguir. El estudio de los tipos de tiempo es la parte fundamental; en su sucesión en el curso del año descansa la diferenciación de las estaciones, aparte de que constituyen las pruebas sinópticas de la circulación regional. El texto se complementa con un excelente atlas de 116 láminas.

A pesar del importante esfuerzo que la mayoría de estos estudios sinópticos representan, con frecuencia se limitan a determinar las categorías de circulación atmosférica y la frecuencia con que se presenta cada una de ellas. La etapa siguiente, es decir, la de valoración del tiempo en relación con los tipos de circulación, la más estrictamente climatológica, en la que los geógrafos deberían desempeñar un papel importante, con frecuencia ha sido descuidada. Este aspecto de la ciencia del tiempo sólo ha recibido la debida atención en Alemania, donde el «Deutscher Wetterdienst» edita mensualmente un catálogo de tipos de tiempo diarios a gran escala que afectan en especial a Europa Central (Die Grosswetterlagen Mitteleuropas), indicando los valores medios del tiempo registrados en las estaciones alemanas para cada «Grosswetter».

### C. Estudios locales y de tipos de tiempo caracterizados por un rasgo concreto

En términos generales con un cierto retraso respecto a la aparición de los estudios sinópticos regionales y a gran escala, se fueron elaborando estudios acerca de aspectos más concretos. En unos casos estos estudios consisten fundamentalmente en el análisis de un elemento del clima, normalmente precipitaciones, vientos o tormentas; entonces el cuadro sinóptico construido tiene como objetivo el descubrir el origen y evolución del fenómeno concreto. En otros casos el estudio sinóptico constituye la base para el análisis de un clima local; el método de estudio es semejante al aplicado en las regiones, puesto que las únicas diferencias en cuanto a objetivos resultan de la escala espacial.

La relación de trabajos podría ser muy larga. Sin embargo, nos limitaremos a destacar algunos ejemplos, que bien por contenido o metodológicamente presentan novedades.

BILLAUT, M.: *Les pluies d'été en Aquitaine et dans l'Ouest Méditerranéen français*, Annales de Géographie, n.º 374, París, 1956, pp. 16-31. Se realiza un estudio estadístico de los tipos de tiempo y las precipitaciones que corresponden a cada uno de ellos en ambas regiones. Se determina en qué situaciones las dos regiones reciben precipitaciones de importancia comparable o determinan tiempos diferentes. El mismo autor realiza un trabajo semejante en el estudio *Les orages d'été dans la plaine du Pô*, Bulletin de l'Association de Géographes français, n.º 301-302, París, 1961, pp. 209-227.

CARRIÈRE, P.: *Mise au point: Le climat pluviométric de la Cévenne*, Société Languedocienne de Géographie, vol. XXXVII, 2.º fasc., Montpellier, 1966, pp. 271-294. Después de un estudio analítico tradicional se establece un cuadro sinóptico de la sucesión de tipos de tiempo por estaciones (pp. 283-293).

- CAVALIER, D.: *Les pluies d'été à Lyon et à Marseille. Essai d'étude comparative*, Annales de Géographie, n.º 347, París, 1956, pp. 31-39. Se distinguen cinco tipos de situaciones lluviosas: 1) Ciclónica del N. 2) Ciclónica del NW. 3) Ciclónica del W. 4) De inestabilidad superior. 5) Situaciones complejas.
- CLAVERO, P.: *Estudio del clima de Cabo Bagur* (tesis de licenciatura), Universidad de Barcelona, 1972, 3 vols., policop. Trabajo analítico y sinóptico. Interesante y completa la clasificación de los tipos de tiempo.
- COUVREUR, F.: *Les précipitations dans quelques stations du littoral de la mer d'Alborán*, Révue de Géographie de Maroc, n.º 21, Rabat, 1972, pp. 85-103. Muestra la estrecha relación entre precipitaciones, circulación ciclónica en superficie y circulación meridiana de aire frío en altura. Las diferencias espaciales se explican por las trayectorias que siguen los flujos perturbados de superficie.
- DAUPHINE, A.: *Une tempête «saharienne» sur la côte d'Azur (février, 1972)*, Méditerranée, n.º 2, Aix-Marseille, 1972, pp. 83-88. Se analiza la génesis y evolución de una tempestad que originó vientos de más de 100 km/h.
- ERMINI, V.: *I temporali sul versante italiano delle Alpi centro-occidentali*, Rivista di Meteorologia Aeronautica, vol. XVIII, n.º 2.
- FONTAINE, P., y PORTELA, C.: *Causes Météorologiques des grandes crues cévenoles du début de l'automne 1958*, La Météorologie, París, 1959.
- GINIER, J.: *Tempêtes et ouragans à la Pointe de Bretagne*, Norois, n.º 47, Brest, 1972, páginas 359-365. Se analizan cuatro tempestades durante las cuales se registraron vientos de fuerza igual o superior a 10. Todas ellas presentan muchos caracteres semejantes y el autor construye un esquema de la evolución de la situación atmosférica.
- HUFTY, A.: *Les climats locaux dan la region liégeoise*, Université de Liège, 1966, 385 páginas. El estudio sinóptico regional es seguido de un análisis muy geográfico de los caracteres locales.
- LARRIVIÈRE G., y VERDOU, J. P.: *Contribution à l'étude du climat de la Bretagne*, Monographie de la Météorologie Nationale, n.º 37, París, 1969, 74 páginas.
- LINES, A.: *Situaciones sinópticas típicas de lluvias torrenciales en el Sudeste Español*, Vrania, n.º 277-278, Tarragona, 1973, 8 páginas (separata). Analiza las situaciones meteorológicas que originaron lluvias torrenciales (más de 50 mm) en Murcia entre 1900 y 1970; concretamente se recogen 36 situaciones, de las que el autor deduce unas consecuencias de carácter general. Cada situación aparece documentada con un mapa de superficie en el que se indica la evolución del núcleo tormentoso.
- RASO, J. M.: *El clima del Llano de Barcelona* (tesis de licenciatura), 3 vols., Universidad de Barcelona, 1972. Estudio de Climatología analítica y sinóptica. Muy interesante la clasificación y estudio de los tipos de tiempo.
- ROUSSEAU, J.: *Statistique des types de temps de la région Lorraine*, Revue de Géographie de Lyon, vol. XXXV, n.º 2, Lyon, 1960, pp. 213-224. Estudio muy sencillo, basado en la información de la estación de Nancy. Se distinguen seis tipos de tiempo, denominados por una característica singular de cada uno de ellos: tiempos claros, cubiertos, lluviosos, relativamente fríos, cálidos y tormentosos.

### 3. Estudios de Climatología sinóptica de las regiones frías y polares

Los estudios acerca de regiones de estos dominios son muy escasos. La mayor parte de los trabajos existentes se han dedicado al análisis de la circulación y fueron recogidos anteriormente. Conviene recordar, sin embargo, que en las actas de los simposium celebrados en Oslo (1956) y Melbourne (1960) se encuentran trabajos de gran interés. En este apartado nos limitaremos a reseñar algunos estudios característicos de Climatología sinóptica:

- DZERDZEERSKII, B. I.: *Certain features of weather in the Coastal area of eastern antarctic*, Symposium Melbourne, Pergamon Press, Oxford, 1960.

GIBBS, W. J.: *Antartic synoptic analysis, id.*

HARE, F. K.: *Artic geography and climate*, Symposium Oslo, Pergamon Press, Oxford, 1958.

REED, R. J.: *Artic weather analysis, id.*

ZIMMERMAN, J. R.: Wilkes climatology, Symposium Melbourne, cit. ant. Aunque de carácter general, para el estudio de estas regiones se ha de tener presente la obra *Climates of the polar regions. World survey of climatology* (Orvig, S., editor), Amsterdam, Elsevier Publishing, 1970. Las regiones polares del Hemisferio Norte son estudiadas por E. VOWINCKEL (*The climate of the north polar basin*, p. 129). Las regiones polares australes son analizadas por W. SCHWERDTFEGER (*The climate of the Antarctic*).

#### 4. Estudios de Climatología sinóptica acerca de regiones de montaña

También es muy escasa la bibliografía existente acerca de regiones montañosas, lo que, unido a la compartimentación y variedad del territorio, plantea graves problemas para el conocimiento y clasificación de estos dominios. Faltan estudios generales de unidades montañosas o de áreas relativamente extensas. Normalmente los trabajos tratan de sectores muy localizados, con unas condiciones singulares. También se ha estudiado en algunos macizos montañosos las condiciones meteorológicas en función de ciertos tipos de tiempo, con frecuencia los que originan los fuertes chubascos y las inundaciones.

Pero, si estos estudios son poco numerosos, la mayoría tratan de áreas de la zona templada, con lo que actualmente resultaría difícil realizar análisis comparativos. En la relación que sigue recogemos solamente algunos ejemplos que consideramos de interés metodológico.

FONTAINE, P.: *Nouvelles données sur l'enneigement moyen d'hiver et de printemps dans les Alpes françaises: essai de schématisation des types de temps correspondants*, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, vol. VIII, n.º 54, 1959, pp. 203-208. Del mismo autor: *Analyse de la situation météorologique à l'origine des crues des 3 et 4 octobre 1960 dans le Nord-Ouest du Massif Central*, La Météorologie, n.º 65, París, 1962, pp. 35-39. Particularmente interesante es el trabajo *Les types de temps à l'origine d'importantes précipitations dans les Alpes maritimes durant l'automne, l'hiver et le printemps météorologiques*, La Météorologie, n.º 38, París, 1966, pp. 219-230.

MERTZ, J.: *Essai de classification des types de temps sur les Alpes d'après la disposition des isohypses à 500 mb*, La Météorologie, n.º 45-46, París, 1957, pp. 305-315. Estudio de conjunto muy interesante y claro, con valiosa documentación gráfica y estadística.

PROHASKA, F. J.: *Algunos aspectos del clima de la Alta Cordillera y de la Puna Argentina*, Boletín de Estudios Geográficos, vol. VIII, n.º 30, Mendoza, 1961, pp. 21-30.

STEINBERG, J.: *Le climat estival de la haute vallée de l'Arve*, Annales de Géographie, París, 1965, pp. 129-159. Análisis muy minucioso y riguroso, con bibliografía actualizada.

TRAUTSOLT, I.: *Recherches sur les climats du Jura français*, Annales de Géographie, París, 1969, pp. 405-434. Estudio muy geográfico de las influencias del relieve sobre los climas locales.

VIGNEAU, J. P.: *Précipitations d'automne et perturbations méditerranéennes dans les Pyrénées orientales*, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, vol. 42, fasc. 3, Toulouse, 1971, pp. 265-292. Estudio muy interesante. Se realiza una clasificación de los tipos de tiempo perturbados en relación con la dirección del flujo de altura.

Esta relación bibliográfica, a pesar de ser incompleta, muestra el importante esfuerzo y desarrollo alcanzado por la Climatología durante los últimos años. Sin embargo, la mayor parte de los trabajos sinópticos, todavía hoy, se basan en el establecimiento subjetivo de unas configuraciones atmosféricas que se consideran

con la categoría de modelos. Estas clasificaciones subjetivas comportan varios problemas: 1) Resulta imposible una clasificación rigurosamente precisa que recoja todas las posibles situaciones. 2) Por el carácter cambiante de las configuraciones atmosféricas, el límite entre los tipos de tiempo debe ser arbitrario, por lo que resulta difícil precisar la desaparición de un tiempo y el comienzo del siguiente. 3) Las características de los tipos de tiempo varían en el curso del año como resultado de la acción específica de factores zonales. 4) La variable intensidad de las presiones en configuraciones semejantes dificulta su identificación, puesto que permite distintas decisiones en su tipología.

Estos problemas dificultan la comparación de los resultados obtenidos para regiones sometidas a diferentes regímenes de circulación, lo que supone una contrariedad para la consecución de clasificaciones genéticas de los climas de amplios dominios. En un intento de evitar estas dificultades durante los últimos años se han concebido algunas técnicas de clasificación objetiva. Estas técnicas, aunque han supuesto una importante aportación a la Climatología sinóptica, apenas han sido utilizadas; todas ellas requieren el auxilio del ordenador y la informática, medios muy poco generalizados, sobre todo entre los geógrafos. Por esto, todavía hoy, y muy posiblemente durante los próximos años, la mayoría de los estudios continuarán apoyándose en clasificaciones sinópticas subjetivas. Por otra parte, es obvio que a escala regional y local los resultados obtenidos han sido con frecuencia excelentes.

Por otro lado, los estudios que han abordado la explicación de las relaciones entre clima y configuraciones sinópticas, generalmente se han limitado a asignar a cada modelo un tipo de tiempo, una descripción del mismo y el análisis de uno o dos casos concretos como representativos. Sólo dos razones explican que no siempre se proceda al cálculo de los distintos valores medios, y que todavía sea más excepcional el análisis de las características estadísticas de cada uno de los tipos de tiempos. La primera de las razones estaría en relación con la desmedida aversión por el uso de valores medios, base de la Climatología tradicional, a los que se ha acusado, no sin motivo, de enmascarar la única realidad climática que es el tiempo. Sin embargo, debe notarse que en el cálculo de los valores «normales» no se evita una mezcla de poblaciones estadísticas; los valores «normales» resultan de la consideración de parámetros correspondientes a la casi totalidad de tipos de tiempo, o al menos de los más frecuentes, lo que no sucede cuando se trata de promediar únicamente los valores de un determinado tipo de tiempo. Además nada permite asegurar que una situación concreta represente mejor al conjunto de tipos de tiempo que la serie de valores medios del mismo. El segundo de los motivos resultaría de la complicación del proceso de elaboración que supone la determinación de las características estadísticas para cada uno de los tipos de tiempo. Pero esta dificultad puede y debe superarse con el uso del ordenador.

A pesar de estos problemas, se puede decir que la Climatología sintética responde a las necesidades de la Geografía en cuanto que relaciona los climas con una estructura de referencia (la circulación general de la atmósfera), en lugar de apoyarse en un tiempo arbitrario como base para fijar unas características estadísticas que no describen el clima, y, por supuesto, no ofrecen una explicación del mismo. Sin embargo, para que los estudios de Climatología superen la etapa descriptiva tradicional y se basen en unos sólidos cimientos científicos, es necesario abordar el problema de la correcta y objetiva valoración de los tipos de tiempo mediante el oportuno proceso mecánico de los datos meteorológicos diarios correspondientes a las diferentes categorías de circulación.