

Bibliografía de Climatología y Meteorología de Cataluña

por **LUIS M. ALBENTOSA**

Las Ciencias del tiempo han sido objeto de una particular atención en la región catalana. La pronta organización de una red de observación, la fecunda producción investigadora dedicada a los problemas más diversos, y la participación frecuente de algunos investigadores en organismos y comisiones internacionales, constituyen un conjunto de circunstancias que invitan a realizar un trabajo de síntesis sobre su estado actual.

Las observaciones meteorológicas, por iniciativa privada, se iniciaron a finales del siglo XVIII (1); y, a mediados de la centuria siguiente, se establecieron las primeras estaciones oficiales, generalmente localizadas en centros de enseñanza. En la memoria de 1895 de la «Red meteorológica de las provincias de Barcelona, Baleares, Gerona, Lérida y Tarragona», que había sido recientemente fundada por H. Gorriá, se habla de la colaboración de 41 observadores que transmitían sus registros, que, a su vez, eran publicados en «Hojas meteorológicas mensuales». En 1898 se encarga a Eduardo Fontserè de la organización de la «Red Meteorológica de Cataluña y Baleares», vinculada a la «Granja Experimental de Barcelona», y en pocos años, como se verá en los apartados siguientes, se consiguió un archivo sumamente valioso de información meteorológica, fundamentalmente sobre lluvias, vientos y temperaturas, así como sobre observaciones fenológicas; esta información se publicaba en el «Boletín Agrícola y Meteorológico».

Paralelamente a esta labor fundamental de establecimiento y consolidación de una red meteorológica, se emprende otra no menos importante de descripción de fenómenos singulares. Esta fase descriptiva, como etapa de transición, muy pronto permite el desarrollo de una auténtica ciencia. A principios del siglo XX se inicia un largo período dorado, sólo interrumpido por la Guerra civil española. Durante estos años no sólo se investigan múltiples problemas de la compleja realidad climatológica de la región catalana, sino que también se trabaja en el campo de la teoría y de la metodología, contribuyendo claramente al avance de la ciencia. Los trabajos de R. Patxot, R. Jardí, J. Febrer, G. Campo, M. Alvarez-Castrillón y,

(1) Existen datos de temperaturas diarias de Barcelona desde 1780; entre esta fecha y 1824 fueron observadas por F. Salvá Campillo. Esta serie de 25 años fue continuada por P. Vieta (1825-48) y por el matemático L. Presas (1849-74). También cabe destacar algunos observatorios rurales como el de Balaguer, que inició los registros en 1865, y sobre todo, por su mayor continuidad, el de Vilert, próximo a Bañolas, que funcionaba desde 1867 en el mas de «Can Anglada».

fundamentalmente, de E. Fontserè, muestran una imagen muy desarrollada y afinada de múltiples problemas climáticos, de tal manera que muchos de ellos continúan siendo fundamentales. La importante producción de esta etapa queda reflejada en la bibliografía que sobre Meteorología catalana publicó en 1937 M. Campmany, en la que se recopilan 718 referencias (2).

No se puede olvidar en este breve esquema histórico la existencia de un organismo oficial, el Servei Meteorològic de Catalunya, en torno al cual se organiza la mayor parte de la actividad investigadora y de los servicios que ofrece la Meteorología. En efecto, durante el período 1921-1937 llevó a cabo una publicación en fascículos (Notes d'Estudi), agrupados en cinco magníficos volúmenes, en los que se recopila un gran número de los trabajos de investigación de Climatología catalana; además, de manera sistemática se presenta la distribución de las lluvias con los resultados de la red pluviométrica de Cataluña, y los registros numéricos de los sondeos de la atmósfera libre sobre Barcelona, realizados con globos-piloto. El Servei Meteorològic edita también, durante el período 1921-1937, el mapa diario del tiempo referido a Cataluña y Europa occidental. Un importante número de trabajos de esta época se encuentran en las «Memorias» o «Memòries» de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1.^a época, 1835-1839; 2.^a época, 1878-1885; 3.^a época, después de 1892).

Por otra parte, como se apreciará en el curso del trabajo, desde principios del siglo xx la participación de meteorólogos catalanes en los Congresos Internacionales de Meteorología ha sido brillante, destacando particularmente la colaboración de E. Fontserè, quien en repetidas veces ha formado parte de comisiones, en ocasiones en representación de los directores de observatorios meteorológicos españoles (3).

La Guerra civil representa un auténtico colapso en el espléndido desarrollo alcanzado por la Ciencia del tiempo. Se desorganiza en buena parte la red de observatorios, de tal manera que ni siquiera en estos momentos se alcanza la situación de los años treinta. Desaparecen algunos importantes archivos de registros. Y desaparecen los equipos de investigadores que en torno al «Servei Meteorològic de Catalunya» y el «Observatori Fabra», principalmente, habían alcanzado tan brillantes resultados.

Sin embargo, algunos de los miembros de los equipos de investigación arriba indicados, aunque desvinculados de la Meteorología oficial, han mantenido en cierta manera la continuidad de la ciencia en la región. A partir de la postguerra disminuye el dinamismo y se produce una dispersión, no sólo de las personas preocupadas, sino también de los problemas a tratar. Pero, lentamente se van organizando nuevos grupos de trabajo, ahora en torno a la Universidad; entre éstos cabe destacar el constituido por miembros del Departamento de Física de la Tierra y del Cosmos, y el del Departamento de Geografía.

Estas circunstancias realmente destacables y el hecho de haber utilizado la

(2) CAMPANY, M.: *Bibliografía de la Meteorología Catalana*, Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya, vol. V. n.º 68, Barcelona, 1937, 127 pp. Las referencias están seguidas de un pequeño resumen de contenido. Aparecen por orden alfabético de autores y cuenta con índices de materias y geográfico.

(3) ALBERTOSA, L. M.: *La evolución histórica de la Climatología catalana*, VII Jornadas de la Asociación Meteorológica Española, Madrid, 1975, pp. 211-226.

documentación para la elaboración de nuestra Tesis de Doctorado (4), nos han decidido a presentar de forma ordenada este estudio bibliográfico.

El trabajo tiene como objetivo exponer la evolución y estado actual de la Climatología y Meteorología en Cataluña. Se inicia en el momento que aparecen los primeros estudios cuantificados; por tanto, se prescinde de la larga etapa empírica, a pesar de que algunos trabajos, como los de L. Presas (1874), J. Fiter (1875) y M. N. Font (1908), encierran una interesante información de los siglos ix a xix. Igualmente se prescinde de obras como el *Manual de Novells Ardits*, normalmente conocido como *Dietari del Antic Consell Barceloní*, en el que se encuentran numerosas observaciones meteorológicas del período 1390-1667. Tampoco se trata de presentar una relación exhaustiva de referencias, al menos de la primera etapa, que ya existe (bibliografía de M. Campmany). Se ha agrupado los trabajos por materias y, en ocasiones, se ha prescindido de estudios por considerar que el contenido ha sido suficientemente tratado en otras aportaciones. Finalmente, por razones de espacio, no se han incluido análisis dedicados al conjunto de España y Mediterráneo occidental, a pesar de que, obviamente, muchos de ellos encierran un gran interés para el estudio de la región; pero, sí se tendrán en cuenta aquellos que, si bien no tienen como marco los límites regionales administrativos, en sus objetivos de estudio engloban una parte de la región catalana.

Como se ha indicado, los trabajos han sido agrupados por materias. Partiendo de los estudios sobre la atmósfera y la circulación regional, se expone el estado de conocimiento de los diferentes elementos del clima (insolación, estado del cielo, temperatura del aire, precipitaciones, etc.) y los análisis de Climatología. Estos últimos se agrupan en tres subapartados, en función de la escala espacial: los que se refieren al conjunto de la región, los dedicados a un dominio de la misma y los locales.

1. Estudio sobre la atmósfera y la circulación atmosférica regional

Aunque con anterioridad ya se tiene un claro conocimiento de la incidencia de la alta atmósfera sobre las capas bajas, y, por consiguiente, sobre el comportamiento del tiempo atmosférico y el clima, hasta el segundo decenio del siglo xx no se inician los estudios de la alta troposfera. Concretamente, en 1913, a instancias del profesor H. Hergesell, presidente de la Comisión Internacional para la Aeroestación Científica, se emprende una colaboración sistemática con este organismo, creándose en Barcelona una estación aerológica; esta estación fue sostenida por el Institut d'Estudis Catalans, que costeaba el material, y por el Observatori Fabra, dependiente de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, que facilitaba la colaboración del personal técnico (Fontserè, Jardí, Campo, etc.).

Desde la estación aerológica de Barcelona se efectuaba el lanzamiento de globos, por lo menos en los días internacionales, es decir, en aquellos prefijados por la citada comisión internacional. Los primeros resultados, registrados durante

(4) ID.: *Los climas de Cataluña. Estudio de Climatología dinámica* (Tesis doctoral dirigida por VILÀ VALENTÍ, 8 vols., Universidad de Barcelona, 1973, policopiada). Resumen publicado por la Universidad de Barcelona, sección de publicaciones, 1975, 32 pp.

el año 1914, fueron publicados en 1915 por E. Fontserè, en un estudio titulado «Treballs de l'estació aerològica de Barcelona» (5). A partir de esta fecha y de forma ininterrumpida hasta 1936, se han elaborado y publicado los registros obtenidos. En los años siguientes, hasta 1920, por E. Fontserè, quien manifiesta que el fin de estos trabajos es el estudio de fenómenos locales, como los vientos convectivos, y contribuir a las tareas fijadas en los sondeos de los días internacionales por la «Comisión Internacional para la Aeroestación Científica» (6). Se analiza los caracteres de los diferentes niveles de la atmósfera, particularmente los que se refieren a la dirección y velocidad de los vientos. La altura alcanzada en los sondeos es muy variable, dependiendo evidentemente de la estructura vertical de la atmósfera; normalmente no se rebasan los 5.000-8.000 m, y con frecuencia el nivel alcanzado es inferior a los 3.000 m.

E. Fontserè, basándose en estos registros, analiza un fenómeno concreto de la circulación regional, los vientos estivales de convección en la costa catalana. En este estudio, el primero de carácter aerológico que se realiza en la región, el autor indica la existencia, sobre la costa de Barcelona y a 5 km de altitud, de una corriente sistemática procedente de un rumbo comprendido entre el W y el NW, la cual influye en el torbellino conveccional de las brisas costeras de verano, convirtiendo en helicoidal la circulación atmosférica inferior debida al caldeo diurno; destaca la regularidad que presenta dicha corriente con la altura y en todas las épocas del año. Estas observaciones son precisadas por el autor en un nuevo trabajo sobre el régimen normal de los vientos superiores en Barcelona durante los meses de verano y otoño, utilizando los valores de los sondeos practicados durante el período 1914-1919 (7).

La elaboración de las observaciones aerológicas fue continuada por otros meteorólogos. Entre 1921 y 1923 son publicadas por A. Quixal, quien, con pequeñas modificaciones, sigue en sus estudios la metodología introducida por E. Fontserè (8). Posteriormente estos trabajos fueron realizados por J. Anglada (9) y sobre todo por G. Campo, quien ininterrumpidamente analizó los registros anuales durante el período 1924-1936 (10). Los trabajos de este último autor

(5) FONTSERÈ, E.: *Treballs de l'estació aerològica de Barcelona*, Institut d'Estudis Catalans, 1915, 117 pp.

(6) Las observaciones de 1915 se publican en un trabajo con el mismo título que el anterior, por el Institut d'Estudis Catalans, 1917, 83 pp. Pero los resultados obtenidos entre 1916 y 1920 se publican bajo el título *Sondatges de l'atmòsfera lliure a Barcelona, amb globus pilots, durant els anys...*, Notes d'Estudi, vol. I (n.º 14, 1922, pp. 129-160; n.º 19, 1923, pp. 217-280).

(7) FONTSERÈ, E.: *Sobre els vents estivals de convecció a la Costa Catalana*, Arxius de l'Institut de Ciències, vol. V, n.º 3, Barcelona, 1918, pp. 109-167.

Id.: *Sobre el régimen normal de los vientos superiores en Barcelona durante los meses de verano y otoño*, Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias de Barcelona, VIII, 1920, pp. 65-72.

(8) QUIXAL, A.: *Sondatges de l'atmòsfera lliure a Barcelona, amb globus pilots, durant...*, Notes d'Estudi, n.º 12, 1922; n.º 22, 1923 y n.º 25, 1923. De estos estudios se publicó una reseña en «The Meteorological Magazine», Londres, 1924, vol. V.

(9) ANGLADA, J.: *Sondatges de l'atmòsfera lliure a Barcelona, amb globus pilots...*, Notes d'Estudi, vol. II, n.º 28, 1924, y n.º 31, 1925.

(10) CAMPO, G.: *Sondatges de l'atmòsfera lliure a Barcelona, amb globus pilots...*, Notes d'Estudi, n.º 33, 36, 38, 42, 44, 46, 52, 57, 59, 64, 67, Barcelona, 1926-1937.

representan un notable enriquecimiento de información; presenta la rosa de frecuencias de las direcciones del viento para los niveles de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 y 5.000 m, destacando el predominio claro de los vientos del W en todos los niveles.

En la evolución de este campo de la investigación tuvo una notable influencia la Conferencia de Directores de Observatorios y Servicios Meteorológicos, celebrado en París, el 30 de diciembre de 1919, a la cual asistió E. Fontserè como representante oficial de los directores de observatorios de España. Esta reunión impulsó el interés por las estaciones meteorológicas de alta montaña, estando representado el Servei Meteorològic de Catalunya en las conferencias siguientes, celebradas en Utrech (1923) y Copenhague (1929), y participando E. Fontserè en la Comisión de la exploración de la alta atmósfera, reunida en Leipzig, en septiembre de 1927. Finalmente, con motivo del Año Polar 1932-1933 se crearon dos observatorios de montaña: uno provisional, en la cumbre de Sant Jeroni de Montserrat, y el otro permanente, en el Turó de l'Home del Montseny, el cual todavía permanece activo, dependiente en la actualidad del Servicio Meteorológico Nacional. En el primero de estos observatorios se estudiaron fenómenos especiales de electricidad; y, en el segundo, la formación de espectaculares carámbanos horizontales de escarcha y el estado de electrización de las gotas sobrefundidas; pero, evidentemente, desde un punto de vista climatológico, los registros más importantes son los que se refieren a las observaciones de temperaturas, precipitaciones, vientos, etc. Las observaciones registradas en la estación del Turó de l'Home aparecen compendiadas en una memoria-resumen, publicada por E. Fontserè en 1933 (11).

Con el desarrollo de la aviación aumentaron las posibilidades de obtener información de las capas más elevadas de la atmósfera, al tiempo que se desarrollaba la Meteorología aplicada. Se establece una colaboración entre el Servei Meteorològic y las empresas concesionarias de las líneas aéreas Barcelona-Madrid y Barcelona-Marsella, así como con la surgida posteriormente de Barcelona-Roma. En relación con estas nuevas necesidades se realizan los primeros estudios aplicados, en los que se analizan las direcciones de los vientos, los estados del cielo, etcétera, a los niveles recorridos por las aeronaves y en superficie. En 1923, el Servei Meteorològic inició la organización de vuelos con el único objetivo de realizar sondeos en la atmósfera (12).

En estos años se plantearon ya con cierta frecuencia determinadas relaciones entre la dinámica atmosférica y algunos aspectos del tiempo, generalmente situaciones de lluvia. Sin embargo, estos estudios descubren numerosos problemas; las observaciones aerológicas son muy escasas no sólo sobre Cataluña sino también en el espacio sinóptico del que forma parte, y las condiciones meteorológi-

(11) FONTSERÈ, E.: *El nou observatori del Turó de l'Home*, Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya, XLIII, Barcelona, 1933, pp. 60-62. Del mismo autor: *Les estacions meteorològiques de muntanya fundades per la Generalitat amb motiu de l'any polar 1932-33*, Societat Catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques, Mem., vol. I, n.º 5, Barcelona, 1933, pp. 277-307.

(12) FONTSERÈ, E.: *Sondeos de la atmósfera en avión*, Ibérica, Tortosa, 1923, vol. X, pp. 306-308. También aparece una breve información sobre este aspecto en Mundo Gráfico, con un artículo titulado *El servicio meteorológico de Cataluña en aeroplano*, Madrid, 5 de diciembre de 1923.

cas del Mediterráneo son poco conocidas. Por ello, con el fin de mejorar el conocimiento de la dinámica atmosférica regional, se propone un proyecto de observaciones simultáneas en tierra y en alta mar, a lo largo de toda la costa catalana. En este plan colabora el «Instituto Oceanográfico», con la cesión durante el período 1933-1934 del vapor de guerra «Xauen», cuyos resultados fueron publicados, en 1935, por R. de Buen y F. Navarro (13). Estas campañas facilitaron importantes observaciones sobre las corrientes marinas, las temperaturas y salinidad de las aguas (14), y, en combinación con los observadores en tierra y los aviadores en ruta, se consiguió un conocimiento experimental y dinámico de elementos tan importantes en la Meteorología catalana como la *tramuntana* y el *mestral*.

En el segundo decenio del siglo xx se iniciaron también los estudios sobre aspectos referentes a la estructura de las masas de aire. M. Alvarez Castrillón, en su análisis sobre el estado higrométrico del aire en el Observatorio Fabra, establece las primeras indicaciones sobre las relaciones entre la humedad relativa y las precipitaciones, la dirección del viento y las situaciones atmosféricas (15).

Durante esta etapa, fundamentalmente descriptiva, se plantean también problemas relacionados con el efecto que ejerce el relieve sobre la circulación regional, o sobre fenómenos de turbulencia. Así, E. Fontserè describe un efecto de sombra en las altas regiones de la atmósfera sobre Barcelona, el 16 de julio de 1920, en relación con los Pirineos (16). Y M. Doportó analiza la variación del viento con la altitud debida a la macroturbulencia (17).

En los años siguientes a la guerra española continuó la preocupación por el estudio de los caracteres de la alta troposfera, aunque la evolución experimentada en los años anteriores sufrió una importante relentización. Disminuyó el dinamismo y la continuidad, y los trabajos realizados en la etapa inmediatamente siguiente se basaron en observaciones realizadas en el período anterior. Este es el caso, por ejemplo, del estudio de J. M. Vidal y M. Potau sobre los vientos en altura sobre Barcelona (18). El estudio se basa en los datos sobre dirección y

(13) BUEN, R. DE, y NAVARRO, F.: *Condiciones oceanográficas de la costa catalana entre la frontera francesa y el Golfo de San Jorge (Campañas del «Xauen» en marzo de 1933 y 1934)*, Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 1935. Una síntesis de estas observaciones fue realizada por E. FONTSERÈ: *Les campanyes oceanogràfiques del «Xauen» (març de 1933 y març de 1934)*, en Obra dispersa sobre Meteorología Catalana, Real Academia de Ciencias y Artes, Barcelona, 1970, pp. 366-381.

(14) GASSIOT, J.: *La temperatura de l'aigua de mar a la platja de Barcelona i la seva variació anual*, Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya, vol. V, n.º 61, Barcelona, 1936, pp. 137-156.

(15) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Recurrència mitjana de l'estat higromètric a l'Observatori Fabra*, Notes d'Estudi, vol. I, n.º 10, Barcelona, 1922.

(16) FONTSERÈ, E.: *L'ombra dels Alts Pirineus damunt de Barcelona*, Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya, vol. XXX, Barcelona, 1920, pp. 151-152.

(17) DOPORTO, M.: *La turbulència dinàmica de la atmósfera en Barcelona*; Avant, Serie A (Memorias), vol. X, Barcelona, 1938, 44 pp.

(18) VIDAL, J. M., y POTAU, M.: *Vientos de altura en Barcelona*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie D, n.º 3, Madrid, 1944. Estos mismos autores, con objetivos y resultados semejantes, realizaron el trabajo *Sobre la representación gráfica de los vientos. Aplicación al análisis de los sondeos efectuados en Barcelona*, Revista de Geofísica, vol. III, n.º 10, Madrid, 1944, pp. 316-322.

velocidad del viento a diferentes alturas, obtenidos en los sondeos efectuados en el Observatorio Fabra, durante el período de 15 años, comprendido entre 1924 y 1940. Los resultados de frecuencias obtenidos se representan gráficamente, para lo cual los autores utilizan, con algunas modificaciones, el método recomendado por H. Süring en su *Lehrbuch der Meteorologic* (5.^a ed., 1942). Al final del trabajo, fundamentalmente gráfico y estadístico, los autores analizan los resultados, y éstos coinciden con los obtenidos por G. Campo en sus análisis sobre «Sondatges de l'atmosfera lliure a Barcelona», a pesar de que este último había utilizado una serie más corta de observaciones. Las curvas de frecuencias muestran una máxima regularidad a 2.000 m; las de los niveles inferiores aparecen afectadas por el relieve, y en las correspondientes a capas más elevadas se van acusando cada vez más las irregularidades producidas por las desviaciones de las observaciones aisladas respecto a los valores más frecuentes, debido a que el número de datos utilizados no es suficientemente grande.

Se continuaron también los trabajos de investigación sobre problemas de turbulencia, aunque no representan novedades metodológicas, limitándose su interés a una mejora de la información. E. Fontserè estudia la macroestructura y turbulencia del viento sobre el Observatorio Fabra (19). Este mismo autor analiza un tipo de situación muy característica de la región, la subsidencia anticiclónica de invierno; y, aunque los resultados son poco concretos, y en su planteamiento existen errores (identificación del anticiclón de Azores y del Atlántico Norte, formación de monzones sobre la Península Ibérica, etc.), no cabe duda de que el solo hecho del planteamiento y descripción del problema constituye una novedad en la época (20).

Después de un largo período de unos treinta años, durante los cuales no se han publicado trabajos sobre problemas de la circulación regional en altura, en los años setenta aparecen los estudios de E. Ganzer y M. Puigcerver, que representan una ruptura metodológica respecto a los anteriores. Evidentemente, estos autores han dispuesto de unos medios desconocidos en el período anterior.

E. Ganzer realiza un estudio sinóptico de las invasiones de aire frío sobre Cataluña. El trabajo se basa en un análisis minucioso del período comprendido entre el 13-XII-1970 y el 8-V-1971, durante el cual singulariza veinte olas de frío. El mismo autor, en un nuevo estudio, lleva a cabo una clasificación de las olas de frío en relación con las configuraciones sinópticas (21).

Finalmente, por la novedad técnica y metodológica que representa, se ha de destacar el estudio de M. Puigcerver sobre la exploración acústica de la baja

(19) FONTSERÈ, E.: *Sobre la macroestructura del viento en el Observatorio Fabra*. Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, tercera época, vol. XXVI, n.º 4, Barcelona, 1942, pp. 61-66.

Del mismo autor: *Sobre la pequeña turbulencia de la atmósfera*, Memoria de la R. Acad. C. y A., tercera época, vol. XXXIII, n.º 18, Barcelona, 1961.

(20) FONTSERÈ, E.: *La subsidencia del anticiclón de invierno en Barcelona*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXVII, n.º 6, Barcelona, 1944, pp. 181-190.

(21) GANZER, E.: *Invasiones de aire frío sobre Cataluña*, Comunicación II Asamblea Nacional Geodesia y Geofísica, Barcelona, 1976, pp. 713-717.

Del mismo autor: *Clasificación de olas de frío en configuraciones sinópticas*, id., pp. 739-743.

atmósfera realizado con sodar (22). En este trabajo se expone el principio del sondeo acústico de la atmósfera y su realización práctica para estimar valores medios de temperatura y viento en la troposfera y estratosfera. Se muestran ejemplos gráficos obtenidos en Barcelona bajo diversas situaciones atmosféricas.

Se podrían incluir en este apartado algunos estudios dedicados a los levantes, realizados con una metodología sinóptica, aplicada tanto a la circulación de superficie como de altura; sin embargo, la mayoría de los trabajos realizados son fundamentalmente descriptivos, basados en situaciones de superficie, y con unos objetivos dedicados fundamentalmente al análisis de los efectos (caracteres de los vientos, intensidad de las lluvias, inundaciones, etc.). Por ello, con el fin de no dispersar un cuerpo de información de notable interés, hemos decidido englobarlos todos ellos en el apartado VIII, dedicado a estudios de vientos de superficie.

Como síntesis, se pueden apreciar unas claras deficiencias en infraestructura aerológica que, evidentemente, se reflejan en la escasa información que se tiene sobre la circulación regional de altura y en los trabajos de investigación realizados. En la región catalana no existe ninguna estación de radio-sondeo, y, por consiguiente, la información de los niveles altos se ha de deducir, por interpolación, de los registros obtenidos en las estaciones de Madrid, Palma de Mallorca y las situadas en el SE de Francia. La única información aerológica obtenida en Cataluña es la que resulta del lanzamiento de globos-piloto desde Barcelona, y con este sistema, aparte de que la información es incompleta y muy localizada, se reduce a las capas bajas. Por otra parte, si se tiene en cuenta la compartimentación del espacio que el relieve representa en la región, así como el carácter macizo y altitudinal de los Pirineos, y de unidades como el Montseny y Puertos de Beceite, que sin duda inciden en la circulación regional, se explica el carácter esquemático e introductorio que tienen los trabajos anteriormente comentados y los conocimientos sobre la circulación regional.

II. Estudios sobre radiación solar e insolación

La determinación de la energía radiante que incide sobre la superficie terrestre es de interés no sólo en estudios de Física atmosférica, sino también en Climatología y otros problemas ligados a ciertas aplicaciones edafológicas y ecológicas. Sin embargo, las estaciones en las que este aspecto se registra son muy escasas. En su monografía sobre el balance de calor de la Tierra, M. J. Budyko (1958) se lamenta de la escasa densidad de la red europea de medidas de radiación solar en comparación con la Unión Soviética, y recientemente, en 1971, la Comisión Internacional de Radiación de la Asociación Internacional de Meteorología y Física ha reconocido textualmente «que el conocimiento preciso de la radiación que llega al suelo es esencial para la completa determinación de la radiación que llega a la atmósfera», y asimismo «que, si bien este problema es fundamental, no existe actualmente un plan completo de investigación en funcionamiento».

(22) PUIGSERVER, M.: *Sodar: exploración acústica de la baja atmósfera*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XLIV, n.º 5, Barcelona, 1978, pp. 133-152.

En Cataluña, a pesar de que la red de registros es insuficiente, en los últimos años se han realizado una serie de importantes trabajos, por el grupo de investigadores del Departamento de Física de la Tierra y del Cosmos de la Universidad de Barcelona. Estos trabajos no sólo se refieren a aspectos puntuales, sino que han llegado a cartografiar la distribución del balance de radiación sobre el conjunto de la región.

Los primeros análisis de radiación solar realizados en Cataluña se efectúan por M. Alvarez Castrillón en el tercer decenio del siglo xx. Principalmente observa y describe las horas de comienzo y fin del crepúsculo, salida y puesta del sol, alturas del sol, etc., referido a Barcelona (23); es decir, lleva a cabo un calendario solar. En un segundo trabajo analiza los datos obtenidos durante el período 1929-1936 en un heliógrafo Campbell-Stones, instalado en el Observatorio Fabra; analiza la duración de la insolación, fracción de la insolación y frecuencia de los valores registrados; finalmente compara los parámetros obtenidos con los del Observatorio del Ebro (Tortosa), obteniendo una correlación prácticamente lineal (24).

Después de estos precedentes, los restantes trabajos sobre radiación e insolación se deben, como apuntamos anteriormente, a miembros del Departamento de Física de la Tierra de la Universidad de Barcelona, y han sido realizados bajo la dirección del profesor M. Puigcerver. El primero de estos trabajos se dedica al estudio de la radiación solar y global en Barcelona (25). Esta investigación se basa en el análisis de las bandas registradas por un actinómetro durante un período de 54 meses (septiembre de 1964-1968), y en él se trata de obtener una relación entre la radiación solar global, por una parte, y la nubosidad e insolación, por otra. Del análisis de los registros diarios se deduce: 1.º Las medidas decenales muestran fuertes oscilaciones, particularmente en mayo y junio. 2.º Sus máximos y mínimos absolutos se presentan en junio y enero respectivamente, e igual sucede con las medidas mensuales. 3.º El intervalo mensual crece rápidamente de invierno a verano, pero el intervalo intercuartilar varía poco, sugiriendo que los mínimos se dan en días más bien excepcionales. 4.º El porcentaje del número de días cuyos valores de radiación están por encima o por debajo de cierta cota muestra una marcada diferencia entre las curvas de los meses desde octubre a febrero, muy agrupados, y el resto, más disperso. Sobre esta base se construyen histogramas de frecuencia de distribución, que muestran la mayor simetría y menor dispersión en los meses de invierno, mientras que lo contrario vale para los meses de verano. Se calcula el porcentaje acumulado del número de días necesario para obtener ciertos valores acumulados de radiación, tanto durante cada mes como durante el año. Este excelente trabajo aparece documentado con un importante material estadístico y gráfico.

(23) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Calendario solar y tablas empleadas en el estudio de la radiación solar en Barcelona*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXV, Barcelona, 1936, pp. 359-378.

(24) ID.: *La insolació a Barcelona*, Notes d'Estudi del Servei Meteorològic de Catalunya, vol. V, n.º 66, Barcelona, 1937 pp. 319-332.

El mismo autor completa y actualiza sus investigaciones sobre Barcelona en un nuevo trabajo. *Observaciones de la radiación solar en Barcelona*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, tercera época, vol. XXX, n.º 20, Barcelona, 1952, pp. 462-482.

(25) PUIGSERVER, M., y ORIOL, E.: *Contribución al estudio de la radiación solar global en Barcelona*, Revista de Geofísica, vol. XXXVI, n.ºs 1-2 y 4, Madrid, 1972, pp. 283-309.

Se analizan aspectos concretos como la marea solar atmosférica en Barcelona (26) y las variaciones a largo plazo de la irradiancia solar (27). El primero de estos trabajos se basa en las lecturas horarias de las bandas registradas por un microbarógrafo durante el período 1968-1970; como método de análisis se utiliza el teorema de Fourier y se obtienen los cuatro primeros términos armónicos (marca solar: diurna, semidiurna, terdiurna y cuardiurna), prestándose especial atención a la evolución mensual de las amplitudes y ángulos de fase de estas cuatro componentes significativas. En el estudio sobre la variación a largo plazo de la irradiancia solar se comparan los valores de 1936 con los correspondientes al período 1972-1974, ambas series correspondientes al Observatorio Fabra; y se llega a la conclusión de que para cualquier altura solar inferior a $58^{\circ} 12'$ los valores de 1936 son superiores a los más recientes, planteándose brevemente las posibles implicaciones.

Se investigan problemas muy concretos, como la variación de la radiación solar en Barcelona durante un eclipse (28), o el efecto de la contaminación atmosférica sobre la radiación solar recibida (29).

También se han estudiado las características de la radiación global en el Observatorio del Ebro (30), y se han comparado las características de irradiancia media de este observatorio, emplazado en Tortosa, y el de Barcelona (31). En este último trabajo se analizan los valores de irradiancia media horaria de cada uno de los años para las dos estaciones (Tortosa, 1966-1972; Barcelona, 1972-1974), comparando las características observadas; se estudia el porcentaje de irradiancia recibida cada hora, respecto al total diario, relacionándola con la duración del día.

Particular interés encierran los estudios dedicados a la distribución espacial de la radiación en el conjunto de la región catalana. Con este objetivo aparece el primer trabajo realizado por J. Pérez y J. M. Núñez, en 1974, que tiene un claro carácter introductorio (32). Una especial atención merece el estudio de J. M. Núñez, presentado en 1976 como Tesis de Doctorado, sobre la distribución espacial de la radiación solar en Cataluña (33). El objetivo esencial del

(26) NÚÑEZ, J. M., y PÉREZ, J.: *Contribución al estudio de la marea solar atmosférica en Barcelona*, Revista de Geofísica, vol. XXXIV, n.º 3 y 4, Madrid, 1975, pp. 269-290.

(27) PUIGSERVER, M., y ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Sobre la variación a largo plazo de la irradiancia solar en un entorno urbano*, II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid, 1976.

(28) LORENTE, J., y ALONSO, S.: *Nota acerca de la variación de la radiación solar en Barcelona durante el eclipse solar del 30 de junio de 1973*, Urania, n.º 285, Tarragona, 1976.

(29) PUIGSERVER, M., y GANDÍA, V.: *Efecto de la contaminación atmosférica sobre la radiación solar recibida en el suelo*, Subdirección General de investigación, MEC, Madrid, 1973.

(30) ORIOL, E., y PUIGSERVER, M.: *Algunos aspectos de la radiación solar global en el Observatorio del Ebro (Tortosa)*, Urania, Tarragona, 1974, pp. 281-282 y 406-430.

(31) ORIOL, E., y PUIGSERVER, M.: *Características de la irradiancia media horaria en Barcelona y Tortosa*, Departamento de Física de la Tierra y del Cosmos, Universidad de Barcelona, publicación B-66, pp. 961-968.

(32) PÉREZ, J., y NÚÑEZ, J. M.: *Intento de estimación del balance de radiación en Cataluña*, I Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, vol. I, Barcelona, 1974, pp. 613-622.

(33) NÚÑEZ, G. L.: *El balance de radiación y su distribución en Cataluña* (Tesis de doctorado dirigida por J. Vilà), 3 vols., Universidad de Barcelona, 1976.

trabajo es el de desarrollar un método que permita determinar la porción de radiación solar que alcanza el suelo, a partir de otros elementos climáticos más fácilmente medibles, como es el caso de la nubosidad o la insolación. El estudio ha sido dividido en cinco capítulos. Los dos primeros están dedicados al estudio monográfico de la nubosidad e insolación respectivamente. El tercero se ocupa de precisar las peculiaridades de la diferente evolución a lo largo del año de la insolación y de la nubosidad. En el cuarto capítulo se modifica, tras un estudio crítico, el método esencialmente meteorológico de Ångström-Kimball de estimación indirecta de la radiación global, adaptándolo a las exigencias climatológicas; se determina asimismo la distribución de la radiación solar global en Cataluña. Finalmente, en el quinto capítulo se trazan los rasgos cuantitativos más característicos de las restantes componentes del balance de radiación en la región catalana.

III. Estudios sobre elementos que se oponen a la radiación solar: Nubosidad y niebla

Los estudios nefológicos alcanzaron una importancia especial dentro del Servei Meteorològic de Catalunya, gracias al apoyo de la fundación Concepción Rabell. La labor en este campo se limitó en una primera etapa a la observación fotográfica de los distintos tipos de nubes, lo que condujo a la publicación, en 1925, por E. Fontserè, del «Atlas elemental de núvols» (34), que mereció ser prologado por el general E. Delcambre, presidente de la Comisión Internacional de Nefología, y seguidamente ser traducido al francés por M. Ph. Wehrlé, del Office National Météorologique de France; en esta obra se presenta, por medio de fotografías obtenidas directamente, con breves descripciones, las formas típicas de la clasificación internacional. Muchas de estas fotografías pasaron a formar parte del «Atlas internacional de nubes», publicado en 1932.

Pero los estudios nefológicos no se limitaron a la simple obtención de fotografías. Mediante dos teodolitos gemelos, instalados a 400 m de distancia uno de otro y unidos por línea telefónica directa, se efectuaron observaciones simultáneas; de las placas así obtenidas y por triangulación trigonométrica se deducía exactamente la altitud, espesor, estructura y movimiento de las nubes. Estas actividades alcanzaron tal renombre que, en 1929, se celebró en Barcelona la reunión de la Comisión Internacional de Nefología.

Durante este período se publica una serie de trabajos sobre diversos aspectos del estado del cielo, aunque, como sucede en los apartados anteriores, normalmente centrados en la ciudad de Barcelona. E. Fontserè estudia los movimientos de las nubes altas y medias sobre Barcelona, las variaciones de transparencia de

(34) FONTSERÈ, E.: *Atlas elemental de núvols, publicat a utilitat dels observadors de la xarxa meteorològica catalana*, G. Gili, Barcelona, 1925, 50 páginas, 15 figuras y 32 láminas. Una reseña de esta obra fue realizada por G. A. Clarke, en *The Meteorological Magazine*, VII, Londres, 1926, pp. 92-93. Se publica una edición reducida del Atlas internacional de Nubes: *Atlas Internacional dels núvols i dels estats del cel*, Vd. Romaguera, Barcelona, 1930. En 1932 se publicó la obra completa; consta de 174 láminas, de las que 26 pertenecen a la colección del Servei Meteorològic de Catalunya.

la atmósfera desde las Baleares al Puigmal y las nubes de origen convectivo (35); los tres trabajos se basan en las observaciones efectuadas durante el período 1916-1918. G. Campo analiza la frecuencia de las diversas clases de nubes, registradas en el Observatorio Fabra, durante el período 1916 a 1923 (36).

Posteriormente, se inician las investigaciones que relacionan el estado del cielo con otros elementos meteorológicos. Así, S. Pujol analiza el régimen de vientos, nieblas y nubosidad en el aeropuerto de Barcelona (37). Dentro de esta tendencia, tienen un particular interés por la metodología empleada los trabajos realizados por J. M. Núñez y J. Pérez; estos autores estudian las peculiaridades estructurales más destacadas de la oscilación anual de la insolación y la nubosidad en varias localidades catalanas utilizando el método de análisis armónico de Fourier (38).

Aunque la labor realizada en este campo es importante, se centra en los aspectos teóricos generales (estudios de nubes) y en estudios muy localizados en la ciudad de Barcelona. Sin embargo, este elemento del tiempo experimenta grandes oscilaciones tanto a escala temporal como espacial. Por otra parte, con frecuencia la información estadística es deficiente debido a que su observación requiere un particular cuidado. Por ello, a pesar de las interesantes aportaciones en el campo de la teoría, hemos de convenir en que el estado del cielo constituye una de las grandes lagunas en el conocimiento de la Climatología catalana.

IV. Estudios sobre la temperatura del aire

Como se ha indicado en la introducción las primeras observaciones meteorológicas registradas en Cataluña se remontan al siglo XVIII y se refieren a Barcelona. F. Salvà, en artículos publicados en el *Diario de Barcelona* presenta el régimen térmico durante el período 1780-1821 (39); estos análisis se basan en tres observaciones diarias, y en ellos se determina y estudia la evolución de las temperaturas máximas, mínimas, medias y la amplitud. Igualmente valiosas son la

(35) FONTSERÈ, E.: *Movimiento de las nubes altas y medias en el cenit de Barcelona*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XV, Barcelona, 1919, páginas 251-259.

— ID.: *Sobre las variaciones de transparencia de la atmósfera, desde las Baleares al Puigmal*, id., vol. XVI, Barcelona, 1921, pp. 335-348.

— ID.: *Nota acerca de algunos resultados de observación de las nubes de origen convectivo*, Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes, vol. V, Barcelona, 1927 p. 281.

(36) CAMPO, G.: *Frecuencia de las diversas clases de nubes, a 8 h., en el Observatorio Fabra*, Boletín del Observatorio Fabra, I, Sección Meteorológica y Sísmica, Barcelona, 1920, página 108.

— ID.: *Frecuencia de las diversas clases de nubes, a 8 h., en el Observatorio Fabra. Resumen de los años 1916 a 1923*, id., Barcelona, 1924, p. 226.

(37) PUJOL, S.: *Régimen de vientos, nieblas y nubosidad en el Aeropuerto Transoceánico de Barcelona*, Revista de Aeronáutica, n.º 85, Madrid, 1948, pp. 45-80.

(38) NÚÑEZ, J. M., y PÉREZ, J.: *Sobre algunas peculiaridades de la oscilación anual de la insolación y de la nubosidad en Cataluña*, Urania, n.º 285, Tarragona, 1976, pp. 99-109.

— PÉREZ, J., y NÚÑEZ, J. M.: *Comparación entre los análisis armónicos de la insolación y de la nubosidad en Cataluña*, Departamento de Física de la Tierra y del Cosmos, Universidad de Barcelona, 1976, pp. 869-876.

colección de memorias leídas en varias sesiones por A. Yáñez en la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (40); estas comunicaciones están documentadas con estadísticas de temperaturas de Barcelona del período 1780-1841. También contiene una importante información la memoria biográfica de A. Yáñez realizada por A. Llobet (41); consta de doce escritos, de los que uno se dedica al estudio de «la temperatura media anual de Barcelona y la media de cada mes», y otro se centra en «las observaciones hechas en los Pirineos en los años 1851 y 1852».

La mayor parte de los trabajos realizados sobre la temperatura del aire son de carácter local. M. Alvarez Castrillón realiza un minucioso estudio estadístico de las temperaturas normales y de las temperaturas máximas y mínimas en el Observatorio Fabra (42). E. Fontserè analiza la dispersión horaria de las temperaturas diarias máximas y mínimas de los valores extremos anuales en la estación de Barcelona (43). Finalmente, J. Pérez y J. M. Núñez llevan a cabo un análisis armónico para aproximar, mediante un desarrollo en serie de Fourier, el curso anual de la temperatura media mensual en Barcelona para el período 1919-1968 (44). Estos últimos autores estudian la contribución cuantitativa de cada uno de los términos de la serie; aplican esta última al cálculo de la temperatura que, con carácter normal, puede esperarse en distintas épocas del año. Y el mismo análisis lo aplican a la variación anual de las temperaturas medias mensuales, para cada uno de los años del período estudiado.

También se realizaron algunos estudios termométricos sobre otras estaciones meteorológicas. A fines del siglo XIX, F. Pintú expuso los caracteres térmicos

(39) SALVÀ, F.: *Estado de las variaciones del termómetro observadas en Barcelona desde el año 1780 hasta 1795*, Diario de Barcelona, 13 de febrero de 1795.

— ID.: *Estado de las variaciones del termómetro en Barcelona desde el año 1780 hasta 1821*, Diario de Barcelona, 10 de mayo de 1822. Estas observaciones se hicieron en la casa de Brusi. Los valores correspondientes al período 1780-1824 fueron publicadas en Actas de la Academia de Cirugía y Medicina; los manuscritos se encuentran en la biblioteca de la Real Academia de Medicina y Cirugía. Las temperaturas medias anuales, mensuales, por estaciones y trimestrales deducidas de dichas observaciones las publicó el autor en el Boletín de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes, n.º 1, p. 9. En los Boletines de la Academia de Ciencias n.ºs 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 12 publicó Yáñez los promedios de la temperatura mensual, anual y por estaciones de los años 1835-1839, sin que conste quién las hizo, ni dónde están las observaciones diarias.

(40) YÁÑEZ, A.: Colección de Memorias leídas en varias sesiones de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, sobre la temperatura en dicha ciudad, Barcelona, 1840, páginas 9-19; 1847, pp. 19-24.

(41) LLOBET, A.: *Memoria biográfica del Dr. Agustín Yáñez i Girona*, leída en la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona el 28 de junio de 1857, 52 páginas.

(42) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Temperatures normals a l'Observatori Fabra deduides de vuit anys d'observacions (1914-1921)*, Notes d'Estudi, n.º 17, Barcelona, 1923.

— ID.: *Temperaturas máxima y mínima en el Observatorio Fabra de Barcelona durante 23 años*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, volumen XXIX, n.º 3, Barcelona, 1947, pp. 119-192.

(43) FONTSERÈ, E.: *Dispersión cronológica de las temperaturas extremas en Barcelona*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXIX, n.º 5, Barcelona, 1948, pp. 237-250.

(44) PÉREZ, J., y NÚÑEZ, J. M.: *Nota sobre la variación anual de la temperatura en Barcelona*, Revista de Geofísica, vol. XXXIII, n.º 3-4, Madrid, 1974, pp. 244-262.

de Santa Fe del Montseny (45); y ya en el siglo xx, A. Rius estudia las temperaturas de Reus (46) y G. de Reparaz las de la Plana de Vic (47).

También se aprecia una preocupación por el análisis de las heladas y tiempos excepcionalmente fríos. Ya en el siglo xix se describen, con una metodología fenológica, los fríos que caracterizaron el mes de enero de 1890 (48). J. García lleva a cabo una tabla de inviernos fríos y rigurosos, analizando el comienzo de invierno en Barcelona, para lo cual toma como base los valores anormalmente bajos de 1918 (49). J. Vía analiza las heladas tardías y su influencia en las plantas, particularmente sobre la vid; plantea también la manera de disminuir sus efectos con la producción de nubes artificiales (50).

Como en otros campos de las ciencias del tiempo, en este apartado también está presente la figura de E. Fontserè; basándose en los datos de nueve estaciones el autor establece una proporcionalidad entre las fechas de la primera y última heladas para los diferentes sectores de Cataluña (51). Este estudio le permitió observar la frecuencia de tiempos fríos en la Plana de Vic. La investigación de las causas de los mismos, basada en una pequeña red de observatorios instalada por el Servei Meteorològic de Catalunya durante el período 1924-1925, le permitió descubrir una anomalía térmica, el fenómeno de inversión de temperatura (52). El autor compara los valores obtenidos en Vic con los de Vilatorra (de matiz continental), y con los registrados en el Observatorio Fabra (de clima marítimo).

Por el contrario, también se han analizado situaciones de temperaturas excesivamente altas, como las registradas en el Observatorio del Ebro, durante el mes de febrero de 1937 (53).

V. Estudios sobre las precipitaciones

El estudio de las precipitaciones ha sido objeto fundamental de las preocupaciones de los meteorólogos y climatólogos catalanes. Parece evidente que representan la aportación más importante de la Climatología catalana.

(45) PINTÚ, F.: *Fundació de Santa Fe de Montseny. Termòmetre centígrau de màxima i mínima (1883-1889)*, Butlletí de l'Associació d'Excursions Catalana, XII, Barcelona, 1890, páginas 342-345.

(46) RIUS, A.: *Alguns elements per a l'estudi meteorològic de Reus, I: Temperatures*, Butlletí de l'Agrupació Excursionista, III, Reus, 1927, pp. 90-99.

(47) REPARAZ, G. DE: *Problemes de Climatologia catalana. Les temperatures a la Plana de Vic*, Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya, XXXVIII, Barcelona, 1928, pp. 28-30.

(48) BOFILL, A.: *Nota sobre la presencia en Cataluña, durante este invierno, de los tres cisnes del norte de Europa*, Crónica Científica, XIV, Barcelona, 1891, pp. 65-68.

(49) GARCÍA, J.: *Predicción de inviernos rigurosos: crudeza del invierno actual (1918)*, Ibérica, IX, Tortosa, 1918, pp. 77-78.

(50) VÍA, J.: *Observaciones prácticas sobre las heladas primaverales*, Cámara Oficial Agrícola, Tarragona, 1915, 33 páginas.

(51) FONTSERÈ, E.: *El perill de glaçades a Catalunya i la seva assimetria en relació amb els dies més freds de l'any*, Notes d'Estudi, vol. IV, n.º 51, Barcelona, 1932, pp. 65-80.

(52) FONTSERÈ, E.: *L'anomalia tèrmica de la Plana de Vic*, Servei Meteorològic de Catalunya, Memòries, vol. I, n.º 1, Barcelona, 1937.

(53) RODÉS, L.: *Un mois de février extraordinaire (1937)*, La Météorologie, París, enero-febrero, 1937, p. 52.

Las observaciones se remontan a la primera mitad del siglo XIX (54), aunque es cierto que hasta principios del siglo XX la mayoría de las series presentan muchas interrupciones y pocas son utilizables. Sin embargo, cuando A. Angot se propuso construir el mapa pluviométrico de Europa y comenzó los trabajos por la Península Ibérica, recogiendo las observaciones existentes del período 1866-1890, pese a que el material no era abundante, obtuvo una imagen muy aproximada de la distribución de las precipitaciones en Cataluña; en los mapas que publicó en los «Annales du Bureau Central Météorologique de France» se observan un buen número de los caracteres más destacados de la distribución pluviométrica (55): el máximo de la Garrotxa y de los valles altos de la cuenca del Ter, el mínimo de los llanos de Urgell, y el sector relativamente poco lluvioso de la depresión de la Cerdanya, que aparece como una isla relativamente seca englobada en el dominio lluvioso del Pirineo axial. Sin embargo, el trabajo de Angot se ha de considerar como un simple esquema del mapa general de lluvias del continente europeo, como lo era el pequeño croquis de J. Hann, siete años antes, que había sido incluido en el fascículo correspondiente del Atlas de Berghaus.

Pero la publicación de la Memoria de A. Angot, al coincidir con un incremento de las exigencias de la agricultura y del aprovechamiento del agua para la obtención de energía, despertó en los técnicos y entidades un especial interés por aquellos problemas.

Como se indicó en la introducción, la «Red meteorológica de las provincias de Barcelona, Baleares, Gerona, Lérida y Tarragona», creada por H. Gorría en 1895, constaba de 41 estaciones, todas ellas dotadas de pluviómetro, aunque sólo de 12 se recibía información regularmente. En 1898 aquellas estaciones pasan a formar parte de la Red Meteorológica de Cataluña y Baleares, bajo la dirección de E. Fontserè (56).

Las dificultades económicas impidieron la continuidad de la red meteorológica. Sin embargo, cuando se podía suponer que todo estaba perdido, R. Patxot publicaba el primer volumen de su obra «Meteorologia Catalana. Observacions de Sant Feliu de Guíxols: resultats de 1896 al 1905». El volumen apareció con un extenso apéndice titulado «Materials per a la pluviometria catalana, 1896-1905» (57). Desde su observatorio particular, R. Patxot se había puesto en relación con los observadores, centralizando de nuevo la actividad meteorológica. Libre de compromisos oficiales y sin necesidad de utilizar los valores inmediatamente, hemos de decir en favor de R. Patxot que dio más importancia a la cali-

(54) Ya en 1834, en el diario de Brusi, aparecen algunos datos de cantidades mensuales de precipitación. Sin embargo, las primeras series importantes por su continuidad son las de L. Presas sobre Barcelona, las de «Can Anglada» sobre Vilert, etc. La red utilizada por A. Angot para el período 1866-1890, después de analizar la información, queda reducida a seis estaciones. Sobre la evolución de la red pluviométrica puede consultarse el trabajo de E. FONTSERÈ: *La Carta pluviométrica de Catalunya*, Ciencia, vol. I, Barcelona, 1926, páginas 272-274. Este estudio está reproducido y puesto al día por el autor en el *Butlletí del Club Excursionista de Gràcia*, vol. VI, Barcelona, 1930, pp. 13-15.

(55) ANGOT, A.: *Régimen des pluies de la Péninsule Iberique*, Ann. Bur. Contr. Mét. France, I, París, 1895, pp. 157-194. Mapas de isoyetas medias anuales y mensuales 1:10.000.000.

(56) En 1899 la red consta de 46 estaciones, de las que 40 se encuentran en Cataluña.

(57) PATXOT, R.: *Meteorologia Catalana. Observacions de Sant Feliu de Guíxols: resultats de 1896 al 1905*, Observatori Català, Sant Feliu de Guíxols, 1908, 305 páginas.

dad que a la cantidad. El trabajo se basa en las series de 28 estaciones, de las que 3 se encontraban en Baleares. En su análisis, muy elaborado y cuidado, presenta un gran número de características de las precipitaciones; analiza la sinopsis de las cantidades mensuales, estacionales y anuales; estudia los regímenes y coeficientes de probabilidad, así como las condiciones dinámicas que originaron las lluvias más importantes. Comparando los mapas de isoyetas con los de A. Angot, cabe destacar progresos muy importantes; en particular sobresale la indicación del máximo de precipitación del Pallars y de Ribagorza, que hasta entonces no había sido precisado, y que ha tenido una importancia decisiva en la explotación hidroeléctrica de Cataluña.

R. Patxot emprendió por iniciativa propia la ampliación de la red meteorológica, de manera que en su segundo volumen titulado «Pluviometria catalana: resultats del cinqueni 1906-1910», aparece una lista de 63 estaciones, de las que sólo 3 aparecen en Baleares, e incluye 5 estaciones situadas en el Prepirineo francés (58). Este segundo volumen presenta una innovación con respecto al primero; el estudio de las precipitaciones se realiza mes por mes y año por año, haciendo referencia continuamente a años anteriores, y destacando los fenómenos más importantes, como las lluvias máximas, las tormentas, las nieves, las influencias orográficas, etc.

En 1910, por impulso de S. Raurich y bajo la presidencia de E. Terrades, se fundó la «Societat Astronòmica de Barcelona», organismo que se preocupó no sólo de la Astronomía, sino también de la Meteorología. De esta manera, al amparo de esta entidad se reorganizó la «Red Pluviométrica de Catalunya», que fue encargada a E. Fontserè, experimentando una importante ampliación, de manera que, en 1921, la red constaba de 224 estaciones. Con la colaboración de las empresas de electricidad y de aguas, de la División Hidrológica y de R. Patxot, se pudo organizar un importante archivo de valores pluviométricos, que se remontaba prácticamente sin interrupción desde 1895, cuando se estableció la primera red en el marco de la llamada «Granja Experimental de Barcelona», hasta 1925. Este importante archivo dio lugar al extraordinario *Atlas pluviomètric de Catalunya*, realizado por J. Febrer, que constituye una obra básica y de indispensable consulta.

Previamente a la realización del *Atlas pluviomètric*, J. Febrer lleva a cabo casi una veintena de trabajos, en los que analiza los caracteres pluviométricos de años concretos o de determinadas estaciones del año (59). Sin embargo, la obra

(58) PATXOT, R.: *Pluviometria Catalana. Resultats del cinqueni 1906-1910, publicats amb la col·laboració dels observadors de Catalunya*, Observatori Català, Sant Feliu de Guíxols 1912, 311 páginas. Una reseña de la obra es realizada por R. JARDÍ: *La Meteorologia en Catalunya*, Boletín de la Sociedad Astronómica de Barcelona, II, Barcelona, 1912-1914, páginas 109-113.

(59) FEBRER, J.: *Observacions pluviomètriques de la xarxa catalana, corresponents als anys 1911, 1912, 1913, 1918, 1919, 1920*, Notes d'Estudi, vol. II, n.º 27, Barcelona, 1924, páginas 6-116. A partir de 1921 los trabajos se centran en una determinada estación: *Pluges a Catalunya durant l'estiu de 1921*, Notes d'Estudi, n.º 1, 1921. En la misma publicación, se pueden encontrar estudios estacionales, realizados sin interrupción para el período verano 1921-invierno de 1929: n.º 4, 1922; n.º 8, 1922; n.º 9, 1922; n.º 11, 1922; n.º 15, 1922; n.º 16, 1923; n.º 23, 1923; n.º 24, 1923; n.º 29, 1924; n.º 30, 1925; n.º 32, 1926; n.º 34, 1926; n.º 35, 1927; n.º 37, 1928; n.º 40, 1929; n.º 43, 1930; n.º 48, 1931; n.º 53, 1933.

fundamental del autor y de la Meteorología catalana es el *Atlas Pluviométric de Catalunya* (60), magnífico estudio de síntesis del período anterior, publicado en 1930, bajo el patrocinio de la «Fundación Patxot». En esta obra se recoge toda la información existente acerca de precipitaciones hasta 1925; por tanto, en cierta manera, puede ser considerada como una continuación de la obra de R. Patxot. Sin embargo, mientras que este último autor utiliza fundamentalmente las medias aritméticas, J. Febrer recurre en su trabajo a la reducción según el método de la proporcionalidad. Una serie de mapas muestran la cantidad media de precipitación mensual, por estaciones y anual; la precipitación total durante el año más seco y el más lluvioso; los regímenes pluviométricos típicos, etc. En contra del método empleado hemos de decir que se han trazado los mapas de isoyetas teniendo en cuenta sólo los valores registrados, como si la región fuera completamente llana, con lo cual Febrer cae en el mismo error de W. Semmelhack al trazar el mapa de isoyetas de la Península Ibérica. Ahora bien, J. Febrer, en los estudios sobre períodos cortos, citados anteriormente, expuso precisas representaciones sobre el ritmo de las precipitaciones; además estos trabajos son muy valiosos, puesto que aclaran la dependencia de las precipitaciones respecto de las situaciones atmosféricas.

Siguiendo la misma metodología desarrollada por J. Febrer, se realizan a continuación una serie de trabajos, aunque centrados todos ellos en períodos cortos, como los estudios de A. Gabellieri (61) y de J. Anglada (62).

R. Jardí, basándose en una investigación del profesor Dismore Alter, de la Universidad de Kansas, sobre la periodicidad de la lluvia en diferentes regiones de la Tierra y la probable relación con el período de actividad solar, realiza un cálculo del periodograma de las precipitaciones de 16 estaciones de Cataluña, y observa que no existe ninguna periodicidad evidente, y menos en relación con el período de actividad solar (63).

Sobre el conjunto de la región catalana merecen una especial atención los trabajos realizados por M. Puigcerver y A. M. Guilló, utilizando medios cibernéticos. En un primer estudio los autores analizan la contribución relativa de la precipitación local y generalizada a la precipitación total (64). El estudio se basa en 11 estaciones regularmente distribuidas y con un largo período de observaciones. Se llega a la conclusión de que la mayor parte de la precipitación anual

(60) ID.: *Atlas pluviométric de Catalunya*, Memorias Patxot, n.º 1, Barcelona, 1930, 523 páginas. Las 314 estaciones pluviométricas utilizadas figuran por orden alfabético. Una reseña de esta obra fue publicada por J. GLASSPOOLE en *The Meteorological Magazine*, XII, Londres, 1931, pp. 114-115.

(61) GABELLIERI, A.: *Pluges a Catalunya durant l'any meteorològic comprès entre el 1 de desembre del 1931 i el 30 de novembre del 1932*, Notes d'Estudi, vol. IV, n.º 56, Barcelona, 1934, pp. 389-447. Información de 414 estaciones.

(62) ANGLADA, L.: *Pluges a Catalunya durant l'any meteorològic comprès entre el 1 de desembre de 1932 i el 30 de novembre de 1933*, Notes d'Estudi, n.º 60, Barcelona, 1936, páginas 91-134. Utiliza la información de 346 estaciones.

(63) JARDÍ, R.: *Contribución al estudio de la periodicidad de la lluvia*, Memorias de la Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXI, Barcelona, 1929, pp. 345-364.

(64) GUILLO, A. M., y PUIGSERVER, M.: *Sobre las contribuciones relativas de las precipitaciones local y generalizada a la precipitación total en Cataluña*, Revista de Geofísica, volumen XXI, n.º 3, Madrid, 1970, pp. 205-216.

se produce en forma organizada, en relación con los sistemas sinópticos, aunque puede quedar sustancialmente alterada de un año a otro por variaciones en el número de temporales, ligados a las características de la circulación atmosférica en gran escala. Los autores muestran que del 10 al 15 % de días con lluvia fuerte representan el 50 % de la precipitación total. En un segundo trabajo los autores estudian con detalle la precipitación generalizada (65). Apoyándose como en el caso anterior en once estaciones, analizan los registros diarios de unos treinta años y examinan algunos aspectos de la distribución regional de la precipitación debida a temporales, destacando la marcada influencia de la orografía. Se estudian seguidamente los temporales individuales que afectan a la región, y se definen la copiosidad y la intensidad, investigando sus relaciones con la frecuencia de los mismos. Llegan a la conclusión de que, aunque los temporales pequeños representan unos dos tercios del total, sólo producen un tercio de la precipitación.

Se han realizado algunos estudios sobre determinados dominios de la región. J. Domingo analiza los tipos de régimen pluviométrico en la cuenca del Ebro; basándose en los registros del período 1913-1917, describe y define las zonas de los dominios continental y marítimo (66). H. Gausсен, utilizando fundamentalmente las estadísticas del *Atlas Pluviométric* de J. Febrer, construye un mapa pluviométrico que engloba los Pirineos catalanes (67); y, a diferencia de este autor, Gausсен tiene en cuenta la configuración del relieve en la elaboración cartográfica. Sobre este complejo dominio montañoso está elaborando A. Xercavins su Tesis de Doctorado, que representará una importante aportación; después de un análisis sinóptico de un período de 20 años, el autor analiza los caracteres pluviométricos de los climas de montaña media y alta de las cuencas de los ríos Ter y Freser.

Finalmente, se han realizado numerosos trabajos de carácter local, basados en los registros de una determinada estación. Y, como en los restantes aspectos, la mayor parte de los estudios se centran en la ciudad de Barcelona, bien utilizando los registros de la estación ubicada en la propia ciudad o los del Observatorio Fabra. M. Alvarez Castrillón realiza un magnífico trabajo en el que compara las series de las dos estaciones; utiliza los valores medios mensuales y anuales del período 1850-1946 de la estación de Barcelona, y los del período 1914-1946 del Observatorio Fabra (68). Para dar una idea más clara del ritmo interanual en cada una de las estaciones el autor considera la relación entre el total correspondiente a cada uno de los años y el valor medio de la serie; compara los regímenes normalizados y los años anormalmente lluviosos y secos de ambas estaciones; con una metodología semejante, analiza el régimen anual. En la tercera parte del trabajo realiza un análisis estadístico; aplica el método de Besson, uno de los más frecuentes en el estudio de la covariación.

(65) PUIGSERVER, M., y GUILLO, A. M.: *Contribución al estudio de la precipitación organizada en Cataluña*, Revista de Geofísica, vol. XXXI, n.º 5-6, Madrid, 1971, pp. 117-142.

(66) DOMINGO, J.: *Tipos de régimen lluvioso en la cuenca del Ebro*, Anales de la Sociedad de Meteorología, vol. III, Madrid, 1929, pp. 106-110.

(67) GAUSSEN, H.: *Carte de la pluviosité annuelle du Sud-Ouest de la France et des Pyrénées*, Service des Forces Hydrauliques du Sud-Ouest, París, 1934, 4 páginas.

(68) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Antiguas observaciones pluviométricas en Barcelona*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXX, n.º 13, Barcelona, 1950, pp. 318-336.

El autor de este trabajo, utilizando técnicas estadísticas, estudió un período de 105 años de precipitaciones sobre Barcelona; analizó los caracteres de centralidad y dispersión de los registros mensuales y anuales, esquematizando una explicación dinámica de los primeros; detecta algunos rasgos de un posible cambio climático (incremento de las precipitaciones y tendencia hacia la regularización del régimen anual), pero llega a la conclusión de que para confirmar el mismo desde un punto de vista estadístico son necesarios más años de observaciones, al menos comprobar el comportamiento durante el período internacional actual (69).

Se han analizado aspectos concretos de las precipitaciones registradas en Barcelona. Varios autores se preocupan de la intensidad pluviométrica. En este sentido, en primer lugar, se ha de destacar la figura de R. Jardí, inventor del pluviógrafo de intensidad del mismo nombre, que utilizó en un análisis de la serie del período 1922-1926 (70). J. M. Vidal y M. Potau también estudiaron la intensidad de las lluvias de Barcelona, basándose en los datos de 37 años (1912-1949), obtenidos con un pluviógrafo de sifón Fuess, equipado con bandas de recorrido diario (71). Los autores observan la cantidad de agua recogida en el transcurso de los 10 minutos de lluvia más copiosa, así como la hora en que dicha lluvia se presentó; y lo mismo hacen con los intervalos de 20 y 30 minutos consecutivos de máxima lluvia. Relacionan los resultados de intensidad deducidos de dichas bandas con las cantidades totales de agua recogida con un pluviómetro Hellman. Finalmente estudian la distribución horaria de la cantidad e intensidad de lluvia.

Pero, con anterioridad al estudio de J. M. Vidal y M. Potau, aunque de manera más esquemática, fue estudiada la distribución horaria de las lluvias de Barcelona por G. Campo; ahora bien, en este caso la unidad de tiempo adoptada es de dos horas. El estudio se basa en una serie de 20 años (1914-1923), en este caso obtenida en el Observatorio Fabra (72).

Particular interés, no sólo por la información aportada, sino también por la metodología empleada, encierran los trabajos de J. Martín Vide sobre la persistencia de los días con y sin precipitación, y sobre la relación entre la cantidad de la precipitación y la persistencia de la misma. En el primero de ellos el autor obtiene el coeficiente de persistencia de Besson, comprobando la persistencia de la precipitación en el Observatorio Fabra; en un intento de explicación dinámica, se relacionan los valores obtenidos con los calculados por otros autores para otros observatorios. En el segundo de los trabajos citados se comprueba, en el caso de Barcelona, que la cantidad de la precipitación influye en razón directa sobre la persistencia de la misma. En un tercer trabajo, basado como los anteriores en los registros del Observatorio Fabra (período 1931-1960), J. Martín analiza las frecuencias diarias de la precipitación, poniendo en evidencia —y tratando de

(69) ALBENTOSA, L. M.: *La aplicación del método estadístico en Climatología: 105 años de lluvias en Barcelona*, Revista de Geografía, vol. IX, n.º 1-2, Barcelona, 1975, pp. 59-77.

— ID.: *La aplicación del método estadístico en Climatología. El régimen anual de precipitación en Barcelona*, Revista de Geografía, vol. X, n.º 1-2, Barcelona, 1976, pp. 79-112.

(70) JARDÍ, R.: *Estudi de la intensitat de la pluja a Barcelona*, Memòries de l'Institut d'Estudis Catalans, vol. I, fasc. II, Barcelona, 1927, 76 pàgines.

(71) VIDAL, J. M., y POTAU, M.: *Intensidad de las lluvias en Barcelona*, Servicio Meteorológico Nacional, Serie D, n.º 11, Madrid, 1951, 14 pàgines.

(72) CAMPO, G.: *Distribució horària de la pluja a Barcelona*, Notes d'Estudi, volum V, n.º 65, Barcelona, 1976, pp. 293-316.

explicar dinámicamente— los períodos de precipitación y de sequía más notables y, entre ellos, las singularidades (73).

Se ha realizado igualmente una serie de trabajos sobre las características de las precipitaciones registradas en otros observatorios; estos trabajos, escasos en número en relación con los dedicados a Barcelona, no representan novedades metodológicas, y con frecuencia se basan en series cortas. En este sentido se han de considerar los estudios de R. Patxot sobre las lluvias de San Feliu de Guíxols (74), el análisis publicado en *Ibérica* sobre las lluvias primaverales en el Observatorio del Ebro, situado en Tortosa (75), y el trabajo de J. Pané sobre el régimen pluviométrico de la estación de Guissona (76). Sin embargo hay que tener presente que sobre estas estaciones y muchas más de la red meteorológica catalana existen buenos estudios pluviométricos, pero al formar parte de análisis climáticos completos se plantearán posteriormente.

Debido a la relativa frecuencia con que se registran precipitaciones excepcionales, como consecuencia de las particulares características geográficas y meteorológicas de la región, aquéllas han sido objeto de varios trabajos, emprendiéndose éstos ya en el siglo XIX (77). Esta preocupación es asumida por el mismo Servei Meteorològic de Catalunya, que incluye el estudio de las tormentas en su organigrama de objetivos (78). Y, ya en el siglo XIX, como se ha apuntado anteriormente, se publican los primeros trabajos. E. Lozano estudia, por medio de los datos pluviométricos, las inundaciones del Llano de Barcelona y núcleos de las cuencas de los ríos Besós y Llobregat (79). Y E. Fontserè estudia las lluvias excepcionales de primavera de 1898 sobre Barcelona (80).

(73) MARTÍN VIDE, J.: *Persistencia de los días con y sin precipitación en Barcelona (Observatorio Fabra)*, Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA, Universidad de Barcelona, 1978, 51 páginas, policopiada. Con igual título aparece un resumen en este mismo número de la revista.

— ID.: *Relación entre la cantidad de la precipitación y la persistencia de los días de precipitación en Barcelona*, Homenatge al geògraf Salvador Llobet, Departamento de Geografía, Barcelona, 1978.

— ID.: *Frecuencias diarias de la precipitación en Barcelona. Singularidades*, Notes de Geografia Física, Departamento de Geografía, vol. I, Barcelona, 1979, pp. 25-33.

(74) PATXOT, R.: *Observacions de Sant Feliu de Guíxols*, Meteorologia Catalana, Barcelona, 1908, pp. 188-195.

— ID.: *Segon estudi horari de la pluja a Sant Feliu de Guíxols, Observacions del març 1896 al juny 1923*, Notes d'Estudi, vol. II, n.º 26, Barcelona, 1923, pp. 41-60.

(75) IBÉRICA: *Pluviometría. Las lluvias primaverales anotadas en el Observatorio del Ebro durante el decenio 1906-1915*, vol. IV, Tortosa, 1915, 23 páginas.

(76) PANÉ, J.: *Règim pluviomètric de Guissona*, Sindicat Agrícola de Guissona i sa comarca, Guissona, 1933, pp. 9-14.

(77) En este apartado sólo se incluyen los estudios que tienen como objetivo fundamental el estudio de lluvias excepcionales. Existen otros trabajos que, igualmente, hacen referencia a situaciones semejantes, pero en los que el objetivo de los mismos es el análisis de determinados mecanismos, como es el caso de los levantes, y se incluirán en el apartado de vientos.

(78) FONTSERÈ, E.: *Organización del Servicio Meteorológico para el estudio de las tormentas locales*, Boletín Agrícola y Meteorológico de la Granja Experimental de Barcelona, vol. I, Barcelona, 1899, pp. 47-50.

(79) LOZANO, E.: *Sobre el último temporal*, Boletín de la Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. I, Barcelona, 1898, 3 páginas.

Desde comienzos de siglo se han realizado numerosos trabajos; en unos casos se refieren a dominios extensos, es decir, tienen un carácter regional (81); y en otros, se plantean situaciones muy localizadas (82). De estos trabajos el más interesante es el de S. Pujol Carré sobre las situaciones pluviométricas excepcionales en el litoral catalán. En este estudio, de carácter sinóptico, se investigan las lluvias excepcionales registradas durante el período 1950-1970. Se presenta el análisis sinóptico de la situación de lluvia excepcional del 19 de septiembre de 1971. Las condiciones sinópticas de esta situación según el autor fueron la persistencia de altas presiones en los días precedentes a la perturbación y la formación de una gota de aire frío (-60°C a 5.600 m). La actividad tormentosa, que afectó a casi toda Cataluña, duró seis días. En el período analizado, el autor subraya que la actividad tormentosa presenta una periodicidad de tres años en septiembre, y, a partir de 1959, de dos años.

También hemos de destacar el análisis de P. Clavero, J. Martín y J. M. Raso sobre las lluvias excepcionales registradas durante octubre de 1979, en el que los autores utilizan métodos estocásticos y plantean una explicación dinámica de la situación tormentosa.

(80) FONTSERÈ, E.: *Las tormentas de primavera de 1898*, Boletín Agrícola y Meteorológico de la Granja Experimental de Barcelona, vol. I, Barcelona, 1899, pp. 141-144.

(81) GARCÍA, P.: *Las inundaciones de 1907 en Cataluña, Previsiones futuras*, Hijos de J. A. García, Madrid, 1908, 96 páginas.

— RAURICH, S.: *Las grandes lluvias de junio de 1915*, Boletín de la Sociedad Astronómica de Barcelona, vol. III, Barcelona, 1915-1916, pp. 171-185. Sobre este mismo hecho puede consultarse también el trabajo de J. ANGLADA: *Efectos de las lluvias de junio de 1915 en agricultura*, Boletín de la Sociedad Astronómica de Barcelona, vol. III, Barcelona, 1915-1916, pp. 185-188.

— GRANDA, E. G.: *La gran riada del Francolí*, Revista de la Confederación Sindical Hidrográfica del Pirineo Oriental, n.º 1, Barcelona, 1930, pp. 16-22. (Descripción de la riada del Francolí y precipitaciones excepcionales registradas en la cuenca la noche del 18 al 19 de octubre de 1930.)

— FONTSERÈ, E., y GALCERÁN, F.: *Las inundaciones de octubre de 1937 en el Alto Pirineo*, Servei Meteorològic de Catalunya, Memòries, vol. I, n.º 3, Barcelona, 1938, pp. 1-16.

— PUJOL, S.: *Situaciones pluviométricas excepcionales en el litoral catalán*, Agua, número 69, Barcelona, 1971, pp. 61-65.

(82) PLANAS, J.: *La tormenta del 28 de septiembre e inundaciones del Llobregat*, Boletín de la Sociedad Astronómica de Barcelona, vol. II, Barcelona, 1912-1914, pp. 285-286. (Descripción del aguacero registrado en Sant Feliu de Llobregat.)

— ALBIÑANA, J.: *Los grandes chubascos y las nubes*, Ibérica, vol. III, Tortosa, 1915, páginas 120-121. (Precipitaciones excepcionales registradas en el Observatorio del Ebro el 3-X-1904 y el 10-X-1906.)

— MATA, R.: *La tromba del día 6 de abril en Bañolas*, Revista de la Sociedad Astronómica de España y América, vol. XXIV, Barcelona, 1934, pp. 100-101.

— BLOKLAND, D. E.: *En imposante hoos aan de Costa Brava. An impressive waterspout at Costa Brava*, Hemel en Dampkring, vol. 63, n.º 12, La Haya, 1965, pp. 348-349. (Descripción de una tromba de agua que se formó en San Antonio de Calonge, el 2 de septiembre de 1965.)

— CLAVERO, P., MARTÍN VIDE, J., y RASO, J. M.: *Las precipitaciones de octubre de 1979 en Barcelona*, Notes de Geografia Física, Departamento de Geografia, vol. II, Barcelona, marzo de 1980.

VI. Estudios sobre otros tipos de precipitaciones: nieve, granizo

A pesar de la importancia que tienen en la región las precipitaciones sólidas y la innivación, son muy pocos los trabajos dedicados a su estudio.

Sobre niviosidad e innivación existen algunos pequeños trabajos, realizados en relación con algún centro excursionista (J. Anglada, 1935; I. Escudé, 1933; A. Mosellas, 1928, etc.), que tienen un carácter informativo de determinadas situaciones. Los únicos estudios con una pretensión de investigación son los de O. Mengel y de R. Plandé. El primero de ellos analiza la tormenta de nieve registrada en Barcelona el 31 de marzo de 1910 y la densidad de la nieve en los Pirineos orientales (83). R. Plandé estudia las heladas, profundidad de la nieve, condiciones climatológicas generales durante los días de nevada y límite inferior de las nevadas en los Pirineos (84).

También son escasos los trabajos realizados sobre accidentes meteorológicos como los producidos por las granizadas, a pesar de que lamentablemente no son extraños en la región. Este riesgo explica que prácticamente la mayor parte de los estudios realizados tengan un carácter preventivo, presentando métodos de defensa. En este sentido, ya en el siglo XIX, V. Plantada desarrolla una teoría para impedir la formación del granizo, haciendo particular referencia a la comarca del Vallés (85). En esta tendencia se clasifican los trabajos de M. Mir, J. Vía y R. Ruby (86).

Hasta muy avanzado el siglo XX, los únicos trabajos dedicados a formas especiales de precipitación que presentan una descripción de accidentes concretos son los realizados por J. Callís y J. Montllor, que estudian las granizadas en las comarcas de Vich y Vallés respectivamente (87).

Un particular interés por la escala espacial del estudio, el método empleado y la información que ofrece, presenta el estudio de J. M. Raso. El trabajo que realiza sobre la frecuencia del granizo en Cataluña se basa en seis estaciones y constituye un buen ejemplo de estudio analítico con la utilización de métodos probabilísticos; el autor lleva a cabo un ajuste de los días/año de granizo mediante

(83) MENGEL, O.: *Orage neigeux du 31 mars à Barcelone et neige des 1 et 2 avril en Roussillon* (1910), Separata de L'Annuaire de la Société Météorologique de France, Tours, 1910, 7 páginas.

— ID.: *Densités de la neige dans les Pyrénées Orientales*, Separata de Journal du Syndicat Agricole des Pyrénées Orientales du 13 janvier, 1918, 4 páginas.

(84) PLANDÉ, R.: *La nieve y los glaciares en el Pirineo*, Pirineos, vol. III, n.º 5, Zaragoza, 1947, pp. 167-182.

(85) PLANTADA, V.: *Teorías para impedir la formación del granizo y el desarrollo del viento en los días tempestuosos*, Suc. N. Ramírez, Barcelona, 1880, 27 páginas.

(86) MIR (M.): *Apuntes referentes a la eficacia de los cañones granifugos para prevenir los pedriscos*, Casa Provincial de Caridad, Barcelona, 1904, 15 páginas.

— VÍA, J.: *El pedrisco y sus medios de defensa*, Tortosa, 1926, 27 páginas.

— RUBY, F.: *Los nuevos métodos de defensa contra el pedrisco*, Revista del Instituto Agrícola Catalán de San Isidro, Barcelona, Cuaderno 10, pp. 267-271; Cuaderno 12, páginas 295-299, Barcelona, 1952

(87) CALLÍS, J.: *Les pedregades del any 1925 en la comarca de Vic*, Balmesiana, Vic, 1925, 29 páginas.

— MONTLLOR, J.: *Itineraris de pedregades*, Nostra Comarca, vol. III, Sabadell, 1927, páginas 90-92.

las leyes de Poisson y la Binomial Negativa, llegando a la conclusión de que el ajuste se realiza mejor con la segunda (88).

VII. Estudios sobre la sequía, humedad y aridez

Estos aspectos del clima tienen una gran importancia en Geografía, particularmente en los análisis de carácter ecológico. Sin embargo son escasos los trabajos dedicados a su estudio. La mayor parte de la información existente aparece en estudios completos de Climatología, de carácter local o comarcal. También se puede conseguir una imagen esquemática de la distribución espacial de estos caracteres de la atmósfera en los estudios realizados para el conjunto de España (89).

El problema de la sequía fue planteado por primera vez en la región en el segundo decenio del siglo xx por G. Campo, quien analizó el invierno seco de 1922-1923 (90); después de plantear la extensión e importancia de la sequía, el autor describe una serie de configuraciones básicas desarrolladas durante dicho período, en relación con la circulación atmosférica regional. También se han preocupado por el problema de las sequías R. Valdivia, A. Tomás Quevedo y P. Rodrigo, aunque los trabajos de estos autores tienen un carácter fundamentalmente informativo (91). Sin duda el estudio más completo, aunque de carácter local, es el realizado por J. Martín Vide sobre la persistencia de los días con y sin precipitación en Barcelona, ya citado en el apartado dedicado a precipitaciones.

Todavía es más pobre la información que se tiene sobre la humedad, sin duda por la penuria económica que ha caracterizado a las redes de observación; todavía hoy son muy pocas las estaciones que registran dicho elemento. Sin embargo constituyó una preocupación importante del grupo de meteorólogos que trabajaron primero en la Granja Experimental de Barcelona y posteriormente en el Servei Meteorològic. Pero los únicos trabajos realizados se refieren al área de Barcelona. En esta línea de investigación, E. Fontserè estudió las variaciones de la humedad con la altura, entre el puerto de Barcelona y la cumbre del Tibidabo (92). Para ello, con la ayuda de la Junta Municipal de Ciencias Naturales, estableció una red de seis estaciones, dotadas con higrómetros registradores, que distribuyó estratégicamente. Por su parte, M. Alvarez Castrillón analiza los valores

(88) RASO, J. M.: *Análisis estadístico de la frecuencia anual del granizo en Cataluña*, Notes de Geografia Física, Departamento de Geografia, Barcelona, 1980.

(89) HUERTA, F.: *Bibliografía Meteorológica Española*, Instituto Nacional de Meteorología, Publicación E-2, Madrid, 1975, 295 páginas.

(90) CAMPO, G.: *Sobre el període de seca de l'hivern de 1922-1923 a Catalunya*, Notes d'Estudi, n.º 21, Barcelona, 1923.

(91) BALDIVIA, R. DE: *Estudio para prevenir la inmediata gran sequía*, Ibérica, 2.ª época, n.º 109, Barcelona, 1947, pp. 211-216.

— TOMÁS QUEVEDO, A.: *Comentario previo de la sequía del año hidráulico 1972-1973*, Agua, n.º 81, Barcelona, 1973, pp. 37-41.

— RODRIGO, P.: *Si no llueve en invierno, 1974 puede ser catastrófico*, Agua, Barcelona, 1973, pp. 42-48.

(92) FONTSERÈ, E.: *Distribució altimètrica de les humitats mitjanes des del port de Barcelona a la muntanya*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1921, 29 páginas. (Miscel·lània Prat de la Riba.)

medios mensuales y anuales de humedad, obtenidos durante un período de 8 años (1914-1921) en el Observatorio Fabra (93).

También es muy escasa la información existente sobre evaporación y aridez. Como en el caso anterior, faltan estudios referidos al conjunto de la región, y los existentes tienen un carácter teórico. El trabajo más extenso, desde un punto de vista espacial, es el realizado por M. Liso y A. Ascaso sobre la evapotranspiración en la cuenca del Ebro (94); en él los autores aplican el índice de C. W. Thornthwaite a 53 estaciones catalanas y 4 del Principado de Andorra. Aplicando el mismo método de C. W. Thornthwaite, E. Jiménez estudia el sector semiárido leridano (95).

VIII. Estudios sobre los vientos

Los vientos de superficie tienen una importante significación en determinadas áreas de Cataluña, donde algunos soplan con gran frecuencia, determinando unos caracteres que contribuyen claramente a la singularización climática de dichas áreas.

Estos vientos singularizadores han sido objeto de particular atención por parte de los meteorólogos y climatólogos; en este sentido, hemos de considerar los grupos de estudios dedicados a las brisas, tramuntana, mestral y levante, sin duda los que por razones diferentes son más característicos de la región.

Las brisas constituyen un tipo muy familiar de movimientos del aire en la fachada costera. Fueron abordadas por E. Fontserè a principios de siglo (96); utilizando una serie de anemogramas correspondientes al verano de 1913 y observaciones higrométricas, estudia el ritmo diario de la *marinada*. El mismo autor amplía sus primeras observaciones en nuevos trabajos, apoyándose en las observaciones realizadas durante el período 1913-1917 en la estación aerológica de Barcelona y Observatorio Fabra, además de la colaboración facilitada por residentes desde los Pirineos hasta el Ebro, a lo largo del litoral mediterráneo; de esta manera puede plantear un análisis referido al conjunto de la fachada costera («Sobre els vents estivals de convecció a la costa catalana», ya citado anteriormente); Fontserè estudia también la periodicidad en la estructura del viento y la macroestructura del mismo (97). Basándose en estos estudios de E. Fontse-

(93) ALVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Recurrencia mitjana de l'estat higromètric a l'Observatori Fabra*, Notes d'Estudi, n.º 10, Barcelona, 1922.

(94) LISO, M., y ASCASO, A.: *Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática de la cuenca del Ebro*, Anuales de la estación experimental de Aula Dei, volumen 10, n.º 1-2, Zaragoza, 1969.

(95) JIMÉNEZ, E.: *El sector semiárido leridano: estudio de la aridez* (Tesis de licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), 2 vols., Universidad de Barcelona, 1972.

(96) FONTSERÈ, E.: *Desarrollo de la brisa marina en el litoral de Barcelona*, Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XI, Barcelona, 1915, pp. 453-454.

(97) FONTSERÈ, E.: *Nota sobre la periodicidad en la estructura del viento*, Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Congreso de Salamanca, vol. IV, Madrid, 1923, páginas 70-72.

— ID.: *Sobre la macroestructura del viento en el Observatorio Fabra*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXVI, n.º 4, Barcelona, 1942, páginas 61-66.

rè realizó E. Miguel Cuñat su estudio general sobre las brisas, de carácter divulgador (98). E. Fontserè investigó también la verdadera naturaleza de la *tramuntana* del Ampurdán con respecto al *mestral* del golfo de Sant Jordi, descubriendo la independencia entre aquélla y el *mestral* de la Provenza. En 1933 y 1934 se realizaron las necesarias observaciones simultáneamente en las estaciones terrestres, en el mar (vapor Xauen convertido en laboratorio) y en la atmósfera libre (gracias a la colaboración de los pilotos de las líneas aéreas «Compagnie Générale Aéropostale» y de la «Lufthansa»), todas ellas proyectadas, conjuntadas e interpretadas por E. Fontserè. Con este material llevó a cabo su importante estudio sobre la *tramuntana* y el *mestral* (99). Con anterioridad este viento había sido objeto de la atención de R. Patxot, que analizó la velocidad (100); F. Agulló, después de realizar una descripción del mismo, expuso los efectos sobre la costa ampurdanesa (101); también había realizado un breve trabajo S. Raurich (102).

Sobre el *mestral* sólo existen dos trabajos; el ya citado de E. Fontserè, y el debido a O. Mengel, en el que se analiza el recorrido y características sobre las costas francesas y españolas (103).

Una particular atención se ha dedicado al estudio de los *llevants* (levantes), debido, principalmente, a los efectos catastróficos que con cierta frecuencia les caracteriza; constituyen el fenómeno meteorológico más espectacular y peligroso que se conoce en el Mediterráneo noroccidental y, particularmente, en las costas catalanas; probablemente representan la única situación en que se producen vientos fuertes que superan a veces los 50 nudos y con una persistencia de varias horas, en ocasiones de más de dos días. Sin embargo la predicción de estos temporales es insatisfactoria, ya que raras veces se manifiestan indicios de su formación en los mapas de superficie y en los trabajos que se conocen no se ha llevado a cabo un estudio sistemático de las situaciones en altura.

El problema de los levantes es planteado en primer lugar por E. Fontserè (104). Siguiendo un método puramente descriptivo, como él mismo indica, sólo pretende señalar el hecho y reseñar algunos resultados de experiencia personal. Clasificó los levantes en dos situaciones típicas: 1.º Cuando aparece una situación anticiclónica sobre Europa Central, quedando la Península en el borde inferior; 2.º El Mediterráneo nordoccidental bajo un mínimo secundario de otro de mayor extensión situado sobre las islas Británicas. A. Tomás Quevedo identifica los primeros con los levantes «menores» y los segundos con los mayores

(98) MIQUEL, E.: *Generalidades sobre las brisas*, Anales de la Sociedad Española de Meteorología, vol. II, Madrid, 1928, pp. 93-102.

(99) FONTSERÈ, E.: *La tramontane et le mestral de la Côte Catalane*, Archiv. für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Ser. B, n.º 1-2, 1949, pp. 127-137. También publicado por la Institució Patxot, Barcelona, 1950, 84 páginas.

(100) PATXOT, R.: *La tramuntana*, Il·lustració Catalana, vol. III, Barcelona, 1905, páginas 316-318 y 332-334.

(101) AGULLÓ, T.: *La tramuntana*, Marinas, Barcelona, 1917, pp. 33-37.

(102) RAURICH, S.: *La tramontana*, Revista General de la Marina, Madrid, 1945.

(103) MENGEL, O.: *Extension du mistral en Méditerranée*, La Météorologie, vol. X, París, 1934, pp. 428-485.

(104) FONTSERÈ, E.: *Die «Llevants» der Katalanischen Küste*, Homenaje al profesor Hugo Hergersell, Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, XV, Leipzig, 1929, pp. 55-60. Publicado en castellano, en Notes d'Estudi, vol. III, n.º 41, Barcelona, 1929, pp. 143-148.

o «Llevantades». A. Tomás, que ha dedicado varios trabajos a los levantes, no representa avances sustanciales (105). En su tesis doctoral sigue un método en parte estadístico y en parte descriptivo. Su exposición de la distribución de los levantes a lo largo del año no coincide con los resultados estadísticos deducidos de su lista de casos concretos. Por otra parte, asegura que la masa de aire del levante es de poco espesor (no superior a 900 m), pero presenta sondeos realizados con globos-piloto en los que el régimen de levante se mantiene en algunos casos hasta más de 3.000 m. En trabajos posteriores estudia algunos casos de temporales de levante catastróficos, pero en ninguno de ellos realiza un análisis de la situación en altura.

Una importante aportación, desde un punto de vista científico y metodológico, constituyen los trabajos de S. Alonso (106). Analiza el método energético, que sirve de base para su estudio de los temporales de levante, centrandó su atención en los registros a finales de marzo de 1971 y los que se desarrollaron a principios de diciembre del mismo año. Tiene en cuenta la situación en altura, destacando que en todos los casos estudiados se ha detectado la existencia de una gota de aire frío, y además la de una corriente en chorro que actúa de catalizador del fenómeno. Las situaciones de superficie favorables coinciden fundamentalmente con las expuestas anteriormente por E. Fontserè y A. Tomás. Pero, a diferencia de éstos, describe las condiciones favorables de altura; en 500 mb detecta una gota fría sobre el Mediterráneo occidental; y su desplazamiento hacia la región lo induce una corriente en chorro, que el autor detecta al nivel de 500 mb. S. Alonso y M. Puigcerver estudian la energética de los temporales de levante (107). Tomando como base las ecuaciones de la energética atmosférica indican los resultados de la evaluación numérica de algunos términos en dos temporales. Introducen el potencial de Montgomery como índice de gota fría, atendiendo a continuación la evolución temporal de la desviación del valor medio de dicho potencial respecto a su valor típico en diversos niveles béricos durante los mismos temporales.

También se han realizado estudios generales sobre los vientos, aunque éstos,

(105) TOMÁS QUEVEDO, A.: *Temporales de «Llevant»* (Tesis de doctorado), Universidad de Barcelona, 1959.

— ID.: *Els Llevants de Rolada*, Miscel·lània Fontserè, G. Gili, Barcelona, 1961, páginas 429-433.

— ID.: *Causas meteorológicas de las inundaciones de septiembre de 1962 en el Bajo Vallés, Llano de Llobregat y la Maresma*, Estudios Geográficos, Madrid, 1963, pp. 137-146.

— ID.: *Estudio del «Llevant»*, Servicio Meteorológico Nacional, Tercer Ciclo de Conferencias, Serie A, Madrid, 1966, 36 páginas.

— ID.: *Las inundaciones de septiembre de 1971 y sus causas*, Miscel·lània Barcinonensis, vol. XXXII, Barcelona, 1972, pp. 125-141.

(106) ALONSO, S.: *Algunos aspectos meteorológicos de los temporales de levante* (Tesis de doctorado), Universidad de Barcelona, Facultad de Ciencias Físicas, 1975. Un resumen de la misma ha sido publicado por la Universidad de Barcelona, 1976, 23 páginas.

— ID.: *Configuraciones en 500 y 300 hPa asociadas a los temporales de Levante*, Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Barcelona, 1976, pp. 705-711.

(107) ALONSO, S., y PUIGSERVER, M.: *Energética de los temporales de Levante de la costa catalana*, Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Barcelona, 1976, pp. 763-769. Publicado también bajo el título: *On the energetics of Levante Storms*, Archiv. für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Ser. A, n.º 27, 1978, pp. 105-116.

normalmente, se refieren a lugares muy localizados y han sido elaborados con la serie registrada en la estación local. A principios de siglo E. Fontserè analizó los resultados obtenidos con el anemómetro de aspiración situado en el Observatorio Fabra (108). M. Alvarez Castrillón realiza varios trabajos estadísticos sobre la frecuencia y dirección de los vientos en Barcelona (109); en el último de los trabajos citados a pie de página llega a establecer una frecuencia estadística de los valores de la temperatura, visibilidad, cantidad de nubes y velocidad del viento para cada una de las direcciones de éste en el Observatorio Fabra. En esta misma línea se puede catalogar el estudio de S. Pujol, aunque los resultados obtenidos son mucho más modestos (110).

Finalmente, cabe destacar el estudio de J. M. Vidal y M. Potau sobre la rafagosidad del viento en el aeropuerto de Barcelona (111). Los autores consideran como medida de la rafagosidad el cociente entre la oscilación extrema de la velocidad del viento en el intervalo de una hora y la velocidad media correspondiente. Deducen una mayor rafagosidad en los vientos de tierra que en los procedentes del mar. En los primeros, la rafagosidad acusa una marcada evolución diurna, con un máximo por la tarde. En los segundos la rafagosidad, por término medio, permanece constante en el curso del día.

IX. Estudios de Climatología sobre el conjunto de la región

En este apartado, como en los dos siguientes, se incluirán sólo aquellos estudios que tienen un claro objetivo climatológico, prescindiendo por tanto, por razones de espacio, de los trabajos geográficos, a pesar de que muchos de ellos dedican un espacio al estudio del clima. Sin embargo, se harán algunas excepciones en razón a su valor histórico, la abundancia de información contenida o el hecho de tratar sobre áreas insuficientemente estudiadas.

El primer ensayo de representación del clima de Cataluña fue realizado por H. Gorria, a principios del segundo decenio del siglo xx (112). El trabajo se

(108) FONTSERÈ, E.: *Sobre los primeros resultados obtenidos con el anemómetro de aspiración del Observatorio Fabra*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. X, Barcelona, 1914, pp. 570-576.

(109) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Freqüència de les direccions del vent a Barcelona*, Notes d'Estudi, n.º 3, Barcelona, 1922, pp. 21-32 (Observaciones del Observatorio Fabra, del período 1914-1919).

— ID.: *Frecuencia media del viento en Barcelona, deducida de los datos suministrados por los registros del anemómetro de aspiración del Observatorio Fabra, en un periodo de seis años (1914-1919)*, Boletín del Observatorio Fabra, Sec. Met. y Sism., I, Barcelona, 1923, páginas 223-224.

— ID.: *Estudio estadístico de las características meteorológicas según la dirección del viento*, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXV, Barcelona, 1936, pp. 233-270.

(110) PUJOL, S.: *Régimen de vientos, nieblas y nubosidad en el Aeropuerto Transoceánico de Barcelona*, Revista de Aeronáutica, n.º 86, Madrid, 1948, pp. 45-80.

(111) VIDAL, J. M., y POTAU, M.: *Rafagosidad del viento en el Prat de Llobregat*, Revista de Geofísica, V, Madrid, 1946, pp. 445-455.

(112) GORRÍA, H.: *Notas para el avance meteorológico en Cataluña*, Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. X, n.º 17, Barcelona, 1913, pp. 315-327.

centra fundamentalmente en el análisis de unos mapas esquemáticos de isotermas e isoyetas, realizados con la información de 64 estaciones; el autor esboza unas sencillas explicaciones de los mismos, apoyándose en observaciones aisladas de vientos y estados del cielo.

Es también interesante, y supone un notable avance respecto al trabajo anterior, la parte dedicada al estudio de la atmósfera y el clima de Cataluña de la obra de M. Chevalier «Geografía Física de Catalunya» (113). El estudio se basa en las observaciones del período 1916-1926. En el capítulo XIV examina las modificaciones del clima en relación con las condiciones orográficas; estudia los vientos, temperaturas, nubes y nieblas, lluvia y nieve, aportando mapas sinópticos de Europa occidental para explicar determinados tipos de tiempo sobre la región. Finalmente, en los capítulos XV y XVI describe el ritmo general de clima y llega a una sencilla tipología, aunque la singularización de ésta sobre el espacio la realiza fundamentalmente apoyándose en el mapa de precipitaciones.

Particular interés encierra la obra de J. Wrobel, discípula de H. Lautensach, sobre los climas de Cataluña y Castellón (114). Siguiendo una metodología analítica, aunque con frecuencia recurre a explicaciones dinámicas, este trabajo representa un esquema simple de la problemática climatológica de la región. La obra está dividida en tres partes. En la primera se lleva a cabo un estudio analítico de los elementos climatológicos (hidrometeoros, humedad relativa, nubosidad, temperatura del aire) y las oscilaciones de estos elementos en el transcurso de largos períodos de tiempo; se trata fundamentalmente de un análisis estadístico y gráfico. En la segunda parte se intenta una explicación genética del ritmo anual del tiempo, basándose en unos tipos de circulación tomados muchos de ellos de la tipología establecida por F. Baur para Europa occidental; ahora bien, aunque la autora se refiere a tipos de tiempo no llega a establecer una clasificación, ni siquiera realiza un análisis diario de los elementos; en realidad lo que la autora pretende es ofrecer una explicación dinámica de los problemas planteados en el capítulo primero, y, para ello, elabora una clasificación empírica de tipos de circulación, no comprobada con un análisis sinóptico diario. Por último, en la tercera parte, establece una división en comarcas climatológicas, sirviéndose como punto de partida de la división elaborada por M. Chevalier; estos contrastes espaciales se deducen principalmente de la distribución de las precipitaciones, el aspecto del clima sobre el que la autora encuentra una mayor información. Con todo, a pesar de las limitaciones del trabajo, hay que reconocer el importante esfuerzo de síntesis y la preocupación que se detecta en el curso de la obra por ofrecer una explicación de los numerosos problemas que se plantean; y hay que tener presente que en la época en que la autora realiza el estudio todavía no está estructurada la climatología sinóptica, pudiendo considerarse este análisis como uno de los precedentes de esta tendencia de investigación.

Unos años más tarde, V. Masachs publicó su estudio titulado «Visión diná-

(113) CHEVALIER, M.: *Geografía Física de Catalunya* (L'atmosfera i el clima, pp. 180-233), Girona, Dalmau, 1934.

(114) WROBEL, J.: *Das klima von Katalonien und der Provinz Castellón auf Grund des spanischen Wetterbeobachtungen der Jahre 1906 bis 1925* (Tesis de doctorado dirigida por H. Lautensach), Archiv. der Deutschen Seewarte, vol. 60, n.º 3-4, Hamburg, 1940. (Existe traducción española, inédita.)

mica del clima de Cataluña e interpretación del régimen de sus ríos» (115), en el que, como señala el mismo autor en la introducción, el objetivo es explicar el por qué de los caracteres que definen a los ríos. En la parte dedicada a Climatología pretende definir de manera esquemática los mecanismos de la circulación regional y el ritmo meteorológico normal en cada una de las zonas climáticas que distingue (Pirineos, Depresión central y Litoral). Respecto al primer grupo de problemas planteados, es incorrecta la imagen que expone del frente polar, identifica el frente mediterráneo con el atlántico-mediterráneo y, al exponer los centros de acción, mantiene las ideas introducidas por J. Dantín Cereceda del anticiclón de invierno, depresión estival y circulación monzónica en la Península Ibérica. Distingue sólo cuatro estados atmosféricos, insuficientes claramente para explicar la compleja realidad climatológica de la región.

El mismo autor realiza el estudio del clima comprendido en la «Geografía de Catalunya», dirigida por Ll. Solé Sabarís (116), de carácter analítico y con una mayor abundancia de información; aunque pretende esbozar los mecanismos de la circulación, el planteamiento de los mismos es elemental, descriptivo e incompleto.

El desarrollo experimentado por la Climatología sinóptica durante los años cincuenta y sesenta, y la falta de un estudio sobre la región siguiendo esta tendencia de investigación nos decidieron a elegir este campo de estudio como tema de nuestra Tesis de Doctorado (117). El mismo se divide en seis partes. En la primera se plantea el método de estudio después de una contraposición teórica de las tendencias analítica y sinóptica; aunque se elige el método sinóptico, se llega a la conclusión, en función de la información existente y de las necesidades de muchos trabajos de Geografía, de la conveniencia de realizar previamente un estudio analítico. Este es el objetivo de la parte segunda, en la cual sucesivamente se estudia la radiación solar e insolación, estado del cielo, temperatura del aire, estado higrométrico, las precipitaciones y los vientos; el análisis se basa fundamentalmente en la serie del período 1931-1960. En la tercera parte se aborda la circulación atmosférica regional, en relación con los factores astronómicos, meteorológicos y geográficos. Los tipos de tiempo, sus caracteres y la sucesión sobre las estaciones seleccionadas se plantean en la parte cuarta. Los resultados obtenidos sirven de base para la realización de un ensayo de definición de los climas de la región, problema que se plantea en la quinta parte. Finalmente, en la sexta parte se describen los caracteres regionales y locales en función de la Geografía regional, estableciéndose una clasificación de «comarcas climáticas». En resumen, el centro del trabajo lo constituye el análisis sinóptico (período 1962-1971) que permite una singularización de tipos de tiempo, elementos que a su vez están en estrecha relación con la circulación regional y que explican los contrastes espaciales.

(115) MASACHS, V.: *Visión dinámica del clima de Cataluña e interpretación del régimen de sus ríos*, Pirineos, n.º 6, Zaragoza, 1947, pp. 233-261.

(116) MASACHS, V.: *El clima*, en Geografía de Catalunya (dirigida por Ll. Solé), Editorial Aedos, Barcelona, 1958, pp. 163-186.

(117) ALBENTOSA, L. M.: *Los climas de Cataluña. Estudio de Climatología dinámica*, obra citada, nota 4.

X. Estudios de Climatología sobre dominios geográficos y comarcas

En el tercer decenio del siglo XX aparecen los primeros trabajos climáticos sobre áreas extensas, con frecuencia utilizando como marco el de dominios geográficos.

Dentro de esta línea de investigación el primer trabajo que encontramos es el de M. Álvarez Castrillón sobre la zona costera catalana (118). El trabajo se basa en las observaciones fundamentalmente termo-pluviométricas, obtenidas en 12 estaciones, distribuidas en una faja de unos 50 km de anchura. Los valores son representados en climogramas poligonales, que sirven de base para el análisis del ritmo de los elementos, aunque el autor recurre con frecuencia a la explicación dinámica. Sobre este mismo dominio, aunque desplazando los límites hacia el Sur de Francia y Norte de la provincia de Murcia, se dedica el estudio de E. Fontserè (119). Este análisis de las condiciones climáticas de las costas occidentales del Mediterráneo, aunque de carácter descriptivo, es un magnífico estudio. Después de presentar los caracteres generales de la cuenca mediterránea, analiza la distribución de las temperaturas, las características de los vientos, la humedad, las precipitaciones y el estado del cielo. Insiste en el efecto climatizador del Mediterráneo y en el papel de abrigo aerológico que desempeña la cordillera de los Pirineos; destaca igualmente la importancia de la Cordillera Prelitoral como obstáculo que se interpone a los vientos y los efectos resultantes de su presencia en la distribución espacial de la humedad relativa, estado del cielo y precipitaciones. En este estudio el autor ofrece una imagen muy afinada de las condiciones geográficas que, en un pequeño espacio, dan la más rica variedad de condiciones climáticas.

Sobre sectores más concretos, dentro del dominio climático mediterráneo, existen los trabajos de D. López (120) y G. Villamora (121), sobre el Camp de Tarragona y el valle del Baix Ebre respectivamente. Ambos se han realizado siguiendo una metodología analítica, con una minuciosa elaboración estadística sobre valores anuales, mensuales y diarios, recurriendo en la explicación a un esquemático análisis sinóptico.

Las restantes regiones han sido poco estudiadas. R. Puig realizó a principios de siglo un breve trabajo sobre la región pirenaica (122), centrado en el efecto

(118) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Algunos climogramas de la zona costera catalana*, Notes d'Estudi, vol. III, n.º 39, Barcelona, 1928, pp. 101-108.

(119) FONTSERÈ, E.: *Condicions climatològiques de les costes occidentals de la Mediterrània i en particular de les terres costeres catalanes*, Notes d'Estudi, vol. IV, n.º 49, Barcelona, 1932, pp. 1-27. El trabajo fue presentado por el autor al Setè Congrès de Metges de Llengua Catalana, bajo el título *Climatologia de la Mediterrània occidental*, Palma de Mallorca, 1932, pp. 3-30.

(120) LÓPEZ, D.: *El clima del Camp de Tarragona* (Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), 2 vols., Universidad de Barcelona, Delegación de Tarragona, 1979, polycopiada (original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona).

(121) VILLAMORA, G.: *El clima del valle del Baix Ebre* (Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), 2 vols., Universidad de Barcelona, Delegación de Tarragona, 1979, polycopiada (original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona).

(122) PUIG, R.: *Problemática de meteorología pirenaica*, Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. IV, Barcelona, 1903, pp. 483-489.

orográfico sobre los vientos que proceden del Atlántico y Mediterráneo, y, principalmente, en los contrastes espaciales pluviométricos. Más interesante es el estudio de A. Xercavins sobre los climas de los altos valles del Ter y Freser (123), en el que el autor realiza un completo análisis estadístico de las series obtenidas en la totalidad de estaciones de dichas cuencas. Desbordando el marco estrictamente pirenaico existe un estudio sobre las características termopluviométricas y balance hídrico en la cuenca del Ter, realizado por J. Bru. La autora, que utiliza los valores de 50 estaciones, establece una clasificación climática basada en el índice de C. W. Thornthwaite, y calcula las probabilidades de precipitación y de temperatura según la ley normal y la gama incompleta (124).

Por la abundancia de la información estadística y gráfica son interesantes, aunque de valor desigual, los estudios por comarcas contenidos en la «Geografía de Catalunya» (125).

XI. Estudios de Climatología local

Desde finales del siglo XIX se han realizado numerosos estudios climáticos de carácter local. Pero en la mayoría de los casos se limitan a la presentación de unas observaciones obtenidas en la propia estación meteorológica. En este apartado nos limitaremos a aquellos estudios en los que ha habido una elaboración e interpretación de los resultados; sin embargo, conviene tener presente que en la bibliografía de meteorología catalana de M. Campmany, ya citada, existe una relación exhaustiva hasta 1937. En este apartado, como en los anteriores, hemos procurado que la relación de trabajos posteriores a dicha fecha sea completa.

El primer intento de análisis climático local fue realizado por E. Lozano, quien centró su estudio en la ciudad de Barcelona (126); el trabajo se basa en las observaciones diarias del decenio 1887-1896 y en él se considera el ritmo de la presión, temperaturas (máximas y mínimas, al sol y a la sombra), humedad, vientos (dirección y velocidad), estado del cielo, precipitaciones y evaporación. En el primer decenio del siglo XX es precisado el estudio del clima de Barcelona por E. Alcobé (127). Un excelente trabajo es el realizado por R. Patxot sobre San Feliu de Guíxols (128). El estudio, basado en los datos del período 1896-1905,

(123) XERCAVINS, A.: *Estudio comparativo del clima de los altos valles del Ter y Freser* (Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), 2 vols., Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía, Barcelona, 1976 (original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona).

(124) BRU, J.: *Estudio termopluviométrico y balance hídrico de la cuenca del Ter* (Tesis de Licenciatura dirigida por P. L. CLAVERO), Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía, Barcelona, 1980 (original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona).

(125) VARIOS COLABORADORES: Estudios comarcales, en *Geografía de Catalunya*, obra citada, vols. II y III.

(126) LOZANO, E.: *Apuntamiento para el estudio del clima de Barcelona*, Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes, vol. II, Barcelona, 1899, 32 páginas.

(127) ALCOBÉ, E.: *El clima de Barcelona*, Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XI, Barcelona, 1914, pp. 127-166.

(128) PATXOT, R.: *Observacions de Sant Feliu de Guíxols*, L'Avenc, Barcelona, 1908, 305 páginas.

se divide en tres partes: en la primera se realiza una síntesis de los valores registrados; en la segunda se analizan los resultados, se exponen los factores meteorológicos y se sintetiza el carácter del clima local; la tercera constituye un apéndice de pluviometría sobre el conjunto de la región catalana.

Durante esta primera etapa se publican varias topografías médicas, en las que se presta una importante atención al clima; en algunos casos constituyen buenos ejemplos de estudios de Climatología local (129).

En 1923 se inician en el Servei Meteorològic los estudios de Climatología local. El primero de ellos fue el realizado por R. Jardí acerca de Tivissa (130); en el mismo, después de un análisis termopluviométrico del período 1913-1922, se lleva a cabo un historial meteorológico y agrícola, destacando las observaciones de interés fenológico; se incluye también un resumen de las observaciones aisladas correspondientes a la centuria anterior (fríos en 1829 y 1830; nevadas extraordinarias de 1807 y 1822, etc.). Siguiendo la misma metodología, con pequeñas variantes, se realizan a continuación los estudios de J. Febrer sobre Caldes de Montbui (131), de J. Vía sobre Aldea (132), de J. Ras sobre Tarragona (133), y el último de ellos, elaborado por A. Quintana sobre Olot (134).

Un interesante trabajo no sólo por la información que contiene, sino también por la metodología empleada, es el estudio estadístico de las características meteorológicas de Barcelona, según la dirección del viento, realizado por M. Álvarez (135); el trabajo se basa en las series de observaciones sobre vientos, temperatura, humedad relativa y estado del cielo, registradas en el Observatorio Fabra durante un período de 19 años (1916-1934). El objetivo del trabajo es determinar la frecuencia máxima relativa de cada uno de los elementos meteorológicos citados.

En la segunda mitad del siglo xx fueron muy pocos los estudios de Climatología local publicados; se reducen a tan sólo tres trabajos, que aunque interesantes por la información que aportan, no encierran novedades metodológicas. Nos referimos, por orden cronológico, a los estudios de E. Fontserè sobre el Turó

(129) LLORENS, I.: *Topografía médica de Seo de Urgel*, Barcelona, 1887.

— GILBERT, A.: *Topografía médica de Vilaseca de Solcina (Campo de Tarragona)*. Barcelona, 1891.

— OLIU, J.: *Estudio topográfico-médico de Gerona*, Barcelona, 1881.

— FRANQUÉS, A.: *Topografía médica de Mataró y su zona*, Barcelona, 1889.

— MASCARÓ, J. M.: *Topografía médica de Bañolas*, Gerona, 1914.

(130) JARDÍ, R.: *Deu anys d'observacions termopluviomètriques a Tivissa*, Notes d'Estudi, vol. I, n.º 20, Barcelona, 1923, pp. 281-296.

(131) FEBRER, J.: *Assaig sobre el clima de Caldes de Montbui*, Notes d'Estudi, volumen III, n.º 45, Barcelona, 1930, pp. 317-331.

(132) VÍA, J.: *Assaig sobre el clima de L'Aldea, en el terme de Tortosa*, Notes d'Estudi, vol. III, n.º 47, Barcelona, 1931, pp. 401-442.

(133) RASO, J.: *Assaig sobre el clima de Tarragona*, Notes d'Estudi, vol. V, n.º 62, Barcelona, 1936, pp. 157-188.

(134) QUINTANA, A.: *Assaig sobre el clima d'Olot*, Notes d'Estudi, vol. V, n.º 69, Barcelona, 1938, pp. 527-608.

(135) ÁLVAREZ CASTRILLÓN, M.: *Estudio estadístico de las características meteorológicas, según la dirección del viento*, Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes, tercera época, vol. XXV, n.º 11, Barcelona, 1936, pp. 233-282.

(136) FONTSERÈ, E.: *Una visió meteorològica del Turó de l'Home (Montseny)*, G. Gili, Barcelona, 1950, 72 pàgines.

de l'Home (136), de J. O. Cardús sobre Tortosa (137) y de S. Llobet sobre Granollers (138).

Finalmente hemos de destacar los trabajos inéditos de P. L. Clavero sobre Cabo Bagur (139), J. M. Raso acerca de Barcelona (140), y C. Paradedá sobre Gerona (141). Estos estudios, principalmente los dos primeros, representan importantes novedades metodológicas; aunque los estudios son fundamentalmente analíticos, fueron los primeros trabajos en los que se lleva a cabo un análisis sinóptico y se llega a una tipología de tiempos basada en situaciones diarias, observadas en superficie y en altura. Se realiza además un tratamiento estadístico de las observaciones, centrado principalmente en los caracteres de centralidad y dispersión.

(137) CARDÚS, J. O.: *Variaciones meteorológicas en Tortosa*, Urania, vol. XLI, Barcelona, 1956, pp. 63-70.

(138) LLOBET, S.: *Observacions climàtiques a Granollers*, Miscel·lània Fontserè, G. Gili, Barcelona, 1961, pp. 231-244.

(139) CLAVERO, P. L.: *Estudio metodológico del clima de Cabo Bagur* (Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), 3 vols., Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía, 1972. Inédito. Original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona.

(140) RASO, J. M.: *El clima del Llano de Barcelona* (Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), 3 vols., Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía, 1972. Inédito. Original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona.

(141) PARADEDÁ, C.: *El clima de Gerona* (Tesis de Licenciatura dirigida por L. M. ALBENTOSA), Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía, 1973. Inédito. Original en la biblioteca de la Sección de Geografía de la Universidad de Barcelona.