

Los cambios metodológicos en los actuales estudios climáticos*

Mercedes Marín Ramos**

Résumé / Abstract / Resumen / Resum

L'article propose une définition, à la fois qu'il signale les différences internes, des approches méthodologiques fondamentales dans les études contemporaines en Climatologie: l'approche statistique, l'approche synoptique, l'approche dynamique et l'approche systémique. À cet égard, on a mesuré son importance relative pendant la période 1970-1985, à partir de l'analyse de plus de trois mille publications. En plus, on étudie la relation que ces approches ont-ils avec les champs thématiques divers, ainsi que les perspectives spatiales qu'ils utilisent et les espaces géographiques sur lesquels ils se projettent de façon la plus habituelle.

L'auteur défend une conception de la Climatologie comme champ interdisciplinaire et elle reconnaît comme problématiques de pointe celles référées à la dynamique temporelle du climat, associées à l'introduction du concept de système climatique, ainsi que le développement des techniques de télédétection. En fin, on interprète la dynamique méthodologique comme étant réglée par le jeu basique de deux tensions opposés parmi elles: la continuité et le changement.

* * *

This article defines and distinguishes as the basic methodological approaches in the present Climatological studies the statistical approach, the synoptical approach, the dynamic approach and the systemic approach. With this scope, it evaluates its relative relevance in the period 1970-1985, based on the analysis of more than three thousand

* Este artículo resume una parte de la tesis doctoral de la autora *Cambio y continuidad en la climatología contemporánea*, dirigida por el Dr. Pedro Clavero, y leída en la Universidad de Barcelona en setiembre de 1990.

** Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona.

scientific articles. Moreover, it analyses the relationship between these approaches and the different thematic changes, and their spatial perspectives and their more frequent geographical spaces of analysis.

The autor defends a concept of Climatology as a interdisciplinary field and recognizes as a more strategic questions the temporal dynamics of the Climate, associated with the introduction of the notion of climatic system, and the development of the remote sensing technics. Finally, she explains the methodological dynamics as regulated by the basic play of two opposite tensions: continuity and change.

* * *

El artículo propone una definición y diferencia entre sí —como enfoques metodológicos básicos en los actuales estudios de Climatología— el enfoque estadístico, el enfoque sinóptico, el enfoque dinámico y el enfoque sistémico. Con este fin, evalúa su importancia relativa durante el período 1970-1985, basándose en el análisis de más de tres mil publicaciones. Se estudia, además, la relación que presentan estos enfoques con los diferentes campos temáticos, así como las principales perspectivas espaciales por las que optan y los espacios geográficos en los que preferentemente se proyectan.

La autora defiende una concepción de la Climatología como campo interdisciplinario y reconoce como problemáticas de vanguardia las referidas a la dinámica temporal del clima, asociadas a la introducción del concepto de sistema climático y al desarrollo de las técnicas de teledetección. Finalmente, interpreta la dinámica metodológica regulada por el juego básico de dos tensiones opuestas, que colaboran entre sí: la continuidad y el cambio.

* * *

L'article proposa una definició i diferenciació —com a enfocaments metodològics bàsics en els estudis de Climatologia actuals— de l'enfocament estadístic, l'enfocament sinòptic, l'enfocament dinàmic i l'enfocament sistèmic. Per això, avalua llur importància relativa durant el període 1970-1985, basant-se en l'anàlisi de més de tres mil publicacions. S'estudia, a més, la relació que presenten aquests enfocaments amb els diferents camps temàtics, com també les principals perspectives espacials per les quals opten i els espais geogràfics sobre els quals es projecten preferentment.

L'autora defensa una concepció de la Climatologia com a camp interdisciplinari i reconeix com a problemàtiques d'avantguarda les que es refereixen a la dinàmica temporal del clima, associades a la introducció del concepte de sistema climàtic i al desenvolupament de les tècniques de la teledetecció. Finalment, interpreta la dinàmica metodològica com a regulada pel joc bàsic de dues tensions contraposades: la continuïtat i el canvi.

En Climatología, al igual que acontece en muchos otros conocimientos científicos, los años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial representaron un período de rápida evolución, tanto teórica como metodológica. Durante este período, se asiste a un amplio cuestionamiento del concepto de *clima* que imperaba hasta aquel momento, se formulan grandes teorías explicativas y se asientan nuevas orientaciones metodológicas.

Hasta tal punto se reconoce ese período bajo la dominante del cambio, que, a partir de los años cincuenta, y en estrecho paralelismo con lo que ocurre en el propio campo de la Geografía en general, se alude a una *Climatología tradicional* anterior, frente a una *Climatología moderna* considerada desde ese preciso momento (Albentosa, 1976). Por Climatología tradicional se entiende aquella que analiza estadísticamente los distintos elementos meteorológicos para llegar a la caracterización del clima; clima concebido, de la misma forma en que lo definiera Julius Hann (1892), ya a finales del siglo XIX, como un *estado medio* de la atmósfera. El hecho de que con este *método analítico* normalmente se trabajara con los distintos elementos del clima por separado fue lo que llevó a la formulación de un sinónimo a esta orientación metodológica, que también se conoce como *método separativo*.

A mediados del presente siglo, los enfoques analíticos o separativos fueron expuestos a una importante crítica y, consecuentemente, a un parcial abandono. Dicha crítica coincidió precisamente con la generalizada superación, dentro de la escuela alemana y de su área de influencia, del concepto de clima definido por Hann. Tal superación no generó en esta escuela una especial conflictividad, ya que otros climatólogos, como el propio Vladimir Peter Köppen (1846-1940) o Van Bebber, ya desde finales del siglo XIX, habían trabajado con otros conceptos más flexibles y con métodos bastante distintos, que incluían el análisis del tiempo meteorológico en el estudio climático; a pesar de ello, claro está, en momento alguno cuestionaron estos autores el concepto más estático de clima de Julius Hann, que, de esta manera, había pasado a ser el más convencional (Köppen, 1870; Van Bebber, 1896).

Curiosamente, donde el debate adquirió mayor resonancia fue en Francia, a pesar del hecho de que la escuela francesa contaba ya con la definición de clima de Max Sorre (1943), mucho más fluida y flexible que la de Julius Hann. Fue Pierre Pedelaborde el protagonista principal de este cuestionamiento en Francia, al considerar que «es imposible definir y explicar el clima por el método separativo», pues, al analizar de forma aislada el completo atmosférico, la Climatología reduce su papel a la interpretación de unos símbolos abstractos, con lo que ello implica de alejamiento de la realidad y con la consiguiente imposibilidad de descubrir la esencia de «la combinación verdadera propuesta

en su origen por la Naturaleza». Este autor valoró como de especial gravedad la utilización exclusiva de los valores medios, ya que «este método es particularmente impropio para nuestras regiones templadas, puesto que todos los fenómenos son aquí esencialmente variables y, en ciertos casos, la media corresponde incluso al valor menos frecuente de toda la serie» (Pedelaborde, 1957).

De una u otra forma, las nuevas concepciones metodológicas surgidas de estas críticas se basaron en un concepto de clima que pretende captar la *diversidad de estados de la atmósfera*; con ellas se introdujo el *método sinóptico*, que caracteriza el clima en función de los distintos *tipos de tiempo* originados por las diversas configuraciones sinópticas del campo de presión. De esta forma, se conseguía paliar las deficiencias de la Climatología tradicional, y, a la vez, se daba un paso importante en el intento de superación del nivel meramente descriptivo en el que se encontraban la mayoría de los estudios climáticos hasta aquel momento.

Hay que señalar, no obstante, que el *método sinóptico* no representó la única fórmula de cientificidad, ni el único enfoque que contempla el clima en sus diversas manifestaciones atmosféricas. Desde el mismo concepto de clima como la *serie de estados de la atmósfera*, y haciendo uso de cálculos estadísticos más complejos y sofisticados, los enfoques analíticos también supieron adaptarse a los cambios y avanzar a la par de las nuevas corrientes neopositivistas. Por este camino se llegó incluso a lo que bien podría denominarse una *descripción científica* del clima, que, con la aplicación de técnicas probabilísticas, permite abordar la cuestión de la predicción en Climatología. Así, los antiguos enfoques analíticos se transformaron en los nuevos enfoques estadísticos, y el *método estadístico* se ratificó y llegó a imponerse en el nuevo panorama metodológico de la Climatología ya en la década de los años sesenta.

De hecho, cabe resaltar que ni los nuevos enfoques sinópticos de los años cincuenta eran tan nuevos, ya que se han podido encontrar y reconocer precedentes claros desde finales del siglo XIX, ni los enfoques analíticos desaparecieron nunca por completo, sino que se adaptaron a las nuevas preocupaciones metodológicas y evolucionaron notablemente, demostrando una gran capacidad de dinamismo y de cambio. Esta capacidad de adaptación les otorga aún hoy el papel de principal línea de continuidad metodológica en Climatología, constituyendo una muestra de la dialéctica cambio-continuidad que regula, en último extremo, la evolución científica.

Por su parte, desde el concepto de *tipo de tiempo*, concepto básico dentro de los enfoques sinópticos, se pretende aprehender la interconexión de los

elementos meteorológicos, tal como se da en el hecho natural, así como su duración; y en la sucesión de tipos de tiempo se entiende que se recoge la *serie de estados atmosféricos* que caracterizan el clima. Precisamente, en atención a este esfuerzo de reconstrucción o de síntesis de los *estados verdaderos* de la atmósfera que pretenden realizar estos enfoques, algunos geógrafos, sobre todo franceses, también lo han denominado *método sintético*.

El uso de los conceptos *sinóptico* y *sintético* como sinónimos es una peculiaridad de la escuela geográfica francesa, con lo que demuestra así su persistente fidelidad a la concepción de la Geografía como *ciencia de síntesis*. De esta forma, una gran parte de los trabajos sinópticos mantiene presupuestos conceptuales más tradicionales, si cabe, que los que sustentan, en buena parte, los enfoques estadísticos. El hecho de que en la década de los setenta y, especialmente dentro de la escuela anglosajona, se desarrollaran los nuevos enfoques sistémicos, facilitó una cierta confusión entre estos conceptos y ello contribuyó a generalizar esta identificación del método sinóptico como un enfoque de síntesis (Albentosa, 1977).

Esta confusión conceptual no quedó limitada aquí, sino que un tercer concepto, el de *método dinámico*, vino a sumarse, en algunos autores, con aquellos dos, llegándose, de esta manera, a utilizar a guisa de sinónimos del enfoque sinóptico, sintético y dinámico, a la vez. Pero esta segunda asociación conceptual va a ser delimitada más adelante; a continuación se presentan una serie de precisiones en torno al método sinóptico, con el fin de aclarar el panorama conceptual.

Los trabajos que siguen esta orientación sinóptica se fundamentan en el establecimiento de un catálogo de tipos de tiempo para la región o regiones que se estudien, pasando después a su reconocimiento durante el período estudiado, así como a la posterior caracterización de sus diversos elementos meteorológicos. La pieza metodológica esencial de este tipo de análisis sinóptico es, lógicamente, la confección del catálogo de tipos de tiempo que se establece o por el que se opta. El procedimiento más usual de clasificación, todavía hoy, es el análisis, siempre subjetivo, de la configuración del campo de presión en superficie, aunque existen algunos catálogos que parten de los distintos modelos de circulación en las capas altas de la troposfera.

Uno de los catálogos más conocido y, posiblemente, el más aplicado, es el que elaboró, en el año 1936, el meteorólogo alemán F. Baur, y que fue objeto de dos revisiones sucesivas, en 1952 y en 1969, por parte de Hess y de Brezowsky. Otro de los catálogos también ampliamente utilizado es el que formuló Schvepp para la cordillera de los Alpes, en el año 1957, que también

fue sometido a dos modificaciones posteriores, una primera en 1959 y otra en 1968.

Al igual que en toda clasificación, una vez han sido establecidos los tipos, el análisis consecuente queda ya mediatizado por el criterio que se ha utilizado en la tipología; ello significa que, en función del criterio que se ha establecido, van a resultar unos tipos de tiempo u otros distintos. La subjetividad del método no queda tan sólo a nivel del establecimiento del criterio de la clasificación, sino que se va acentuando en la tarea posterior de reconocimiento de los tipos de tiempo resultantes en los estados verdaderos de la atmósfera, así como en la determinación de sus límites temporales. Este último hecho significa que hay una cuestión nada fácil, en ocasiones, de establecer: cuándo finaliza un tipo de tiempo determinado y cuándo se inicia el siguiente.

Muy próximo al enfoque sinóptico, casi como una cierta derivación de éste (hasta el punto de que, como ya se ha señalado, a menudo aparecen ambos como sinónimos), se encuentra el *método dinámico*. Es totalmente cierto que la relación entre ambos enfoques es muy importante y que, incluso, puede encontrarse un origen común para ambos en las preocupaciones en torno a la problemática de la circulación general atmosférica. Pero, en cambio, desde la perspectiva actual se impone establecer toda una serie de matizaciones diferenciales entre estos dos enfoques.

Un primer aspecto importante, especialmente desde el punto de vista geográfico, que diferencia claramente este *método dinámico* de los otros dos enfoques metodológicos se refiere al tema de la escala del estudio. En efecto, tanto el método estadístico como el sinóptico trabajan preferentemente a escala regional, mientras que el enfoque dinámico, en cambio, realiza sus análisis del clima desde una perspectiva planetaria, a partir de la cual contempla la dinámica del clima, tanto en su distribución espacial como en su variabilidad temporal.

Esta diferencia en la escala de sus estudios es lo que, en parte, ha mantenido precisamente la asimilación entre ambos enfoques, ya que se consideraba que ello constituía, más que una diferencia metodológica, una complementariedad funcional. En efecto, abordar la dinámica del clima a escala planetaria obliga necesariamente a tener en cuenta los grandes modelos de circulación atmosférica que operan a esta escala, y se debe trabajar, en consecuencia, con un método dinámico; mientras que al pasar a la escala regional, la circulación atmosférica viene regida por las configuraciones sinópticas, generadoras de los distintos tipos de tiempo, y el estudio debe optar entonces por un método sinóptico de análisis.

En segundo lugar, además, la finalidad del análisis cuando se trabaja con uno u otro método es substancialmente distinta. El enfoque sinóptico se plan-

tea, como objetivo último, la caracterización y explicación de unas condiciones climáticas, y ambos aspectos son igualmente importantes e ineludibles. Con el método dinámico lo que se focaliza son los mecanismos dinámicos del clima, más que la propia fisonomía de la manifestación climática, que pasa a un segundo plano de interés escasamente relevante y que, incluso, puede llegar a estar del todo ausente. En este sentido, puede resumirse que el método sinóptico tiene su punto de mira en lo que sucede en superficie, mientras que el método dinámico atiende preferentemente a lo que ocurre en altura.

En tercer lugar, por fin, hay que reconocer también, a grandes rasgos, que en ambos enfoques existe una orientación metodológica contrapuesta. En efecto, mientras que el enfoque sinóptico es eminentemente empírico y en él la clasificación es el instrumento básico de generalización, el enfoque dinámico es esencialmente teórico-deductivo, y tiene en los modelos abstractos de la circulación general atmosférica su pieza teórica fundamental.

Retomando el hilo de la argumentación general, una vez matizadas las diferencias fundamentales entre los métodos de estudio en Climatología, hay que señalar, finalmente, que el concepto de *sistema climático*, que se ha ido abriendo paso en la disciplina a partir de finales de los años setenta, aparece asociado a un nuevo enfoque metodológico, al que, en el presente artículo, se da el nombre de *enfoque sistémico*, ya que se identifica con la metodología sistémica en general. Se podría reconocer este método como una evolución lógica del enfoque dinámico, pero, en cualquier caso, cuenta con una construcción teórica propia y bien diferenciada.

La concepción del clima como un sistema que funciona a escala planetaria y que cuenta con una serie de unidades funcionales internas interdependientes, interpretadas en términos de subsistemas que, a su vez, dan origen a las distintas unidades climáticas regionales, ha llevado a una interpretación global del clima a todas sus escalas, desde la planetaria hasta la microclimática. Desde ella se enfoca, además, de forma particular, la actual problemática de la variabilidad climática.

De nuevo, la atención se centra en superficie en los procesos de intercambio energético que se producen a este nivel, con lo que se aleja, clara y rotundamente, de las preocupaciones espaciales del enfoque dinámico, centradas en altura, como ya se ha indicado, y en este sentido, se acerca, por el contrario, a las preocupaciones del enfoque sinóptico. Pero con este último mantiene, a su vez, una diferencia radical, ya que no son las configuraciones del campo de presión las claves de su interés, sino los procesos energéticos, en su doble condición de resultado y de causa de las propiedades termodinámicas de la atmósfera, los cuales se entiende que regulan la manifestación climática.

Con ello, *método estadístico*, *método sinóptico*, *método dinámico* y *método sistémico* son los cuatro enfoques metodológicos básicos que pueden distinguirse dentro del panorama actual de la investigación en el campo de la Climatología.

El análisis que sigue a continuación va a centrarse, en primer lugar, en la evaluación de la participación relativa de los diferentes enfoques metodológicos en el panorama actual de la Climatología, así como en su evolución durante los años 1970-1985. La etapa comprendida entre estos quince años se valoró, en el momento de iniciarse este trabajo (1985), como convenientemente representativa de una situación de presente en la investigación en Climatología y, a la vez, suficiente para poder captar la doble dimensión de continuidad y de cambio que permanentemente compiten en la producción científica. En segundo lugar, se intentará desvelar la conexión temática que presenta cada uno de ellos, lo mismo que la perspectiva espacial en la que operan de forma preferente, así como la plasmación geográfica que presentan.

Los trabajos analizados se refieren a las publicaciones que, durante el período estudiado, han adquirido mayor divulgación internacional. Para seleccionar tales trabajos se han utilizado como fuentes básicas la *Bibliographie Géographique Internationale* (publicada por la Asociación de Geógrafos Franceses), así como la serie B de los *Geo-Abstracts* (que publica en Norwich la Universidad de East Anglia), y los catálogos de tesis doctorales de la University Microfilms International. A través de estas fuentes se ha analizado una documentación de 3267 publicaciones, editadas en más de cincuenta estados, y correspondientes a 1787 autores de las principales disciplinas científicas que investigan en Geografía.

LOS DISTINTOS ENFOQUES METODOLÓGICOS EN LOS ESTUDIOS DE CLIMATOLOGÍA

El panorama metodológico que presentan los estudios de Climatología durante el período 1970-1985 se decanta, mayoritariamente, en casi el 50 % de los trabajos, por el *enfoque estadístico* que representa la línea fundamental de continuidad metodológica en los momentos actuales de la investigación en Climatología. Ahora bien, el tratamiento estadístico que comporta este método, así como sus preocupaciones temáticas y técnicas, han avanzado mucho respecto a los tradicionales enfoques analítico-separativos. Los otros tres enfoques aparecen en un segundo nivel de importancia, con un grado de tratamiento muy semejante para cada uno de ellos.

Es relativamente frecuente encontrar trabajos que combinan dos orientaciones metodológicas distintas de forma complementaria, lo que no es extraño hoy en la investigación científica en general, claro exponente del discutido postmodernismo. En Climatología, el método estadístico suele combinarse con todos los demás, ya que es el método básico para la caracterización de una situación climática. El método dinámico se presenta, por su parte, asociado, sobre todo, al enfoque sinóptico (no en vano se han confundido a menudo ambos) y, aunque algo menos, al enfoque sistémico.

El *enfoque estadístico* actual sigue siendo un enfoque eminentemente separativo que trata con secuencias cronológicas acerca de un mismo lugar o región, pero que ahora son abordadas en términos de un proceso aleatorio que funciona en el espacio y en el tiempo (Eagleson, 1978; Bras, 1978). Normalmente, se delimita un campo espacio-temporal de análisis y se utiliza un método estocástico-cinético para describirlo (Gupta, 1979), llegándose así a formular verdaderos modelos espacio-temporales de distribución de una determinada variable climática.

Tal es el caso de los modelos espacio-temporales de distribución de aguaceros establecidos por E. Waymire para los Estados Unidos; el climatólogo norteamericano se basa en la teoría de los campos aleatorios y en la simulación numérica de las características espaciales de la precipitación (Waymire, 1981). También, aquellos otros modelos elaborados, sobre todo, por los climatólogos de la escuela británica, que asocian la localización de un determinado fenómeno climático en el espacio a otro de distinto o del mismo tipo, pero que se produce en otro lugar, a una distancia determinada. Esta relación espacial puede establecerse en términos de simultaneidad, como es el caso de un modelo espacial de distribución de los fenómenos convectivos en el desierto de Namibia, que demuestra que las tormentas simultáneas se producen siempre a la misma distancia unas de otras, según dos patrones espaciales distintos: uno, según un módulo de 40-50 km, y otro a 80-100 km (Sharon, 1981).

Pero, en ocasiones, también se establece una relación espacial en términos diacrónicos, como ocurre en la reciente ratificación estadística de la antigua tesis de Quayle, formulada en el año 1929, según la cual la precipitación al norte del estado de Victoria—estado del sudeste de Australia— durante el invierno y la primavera, está en estrecha correlación con la presión atmosférica de Darwin—ciudad de la costa del mar de Timor, al norte del estado australiano de los Territorios del Norte, situada a 3000 km de distancia— dos meses antes (Nicholls et al., 1982).

Las cadenas de Markov, el análisis armónico y las series de Fourier son las técnicas estadísticas más usuales en la elaboración de modelos estocásticos

que permiten valorar la variabilidad y las alternancias regulares de las series meteorológicas. De todas estas técnicas, las cadenas de Markov es la técnica más frecuentemente utilizada, orientada casi siempre al establecimiento de modelos estocásticos de evaluación de días lluviosos y su alternancia con días sin precipitación (Roldan et al., 1982). Pero también mediante el análisis armónico se han llegado a reconocer pulsaciones bianuales, de entre 2 y 3 años, y pulsaciones solares, de entre 30 y 32 años, en la variabilidad de la precipitación anual, como en el caso de Costa de Marfil, por ejemplo (Lhomme, 1981), o alternancias regulares, cada 20 años, de períodos secos y períodos húmedos en la Zona de Convergencia Intertropical, asociadas al doble ciclo de las manchas solares (Thambyahpillay, 1982).

Con todas estas técnicas, y aun con otras menos frecuentes, desde el método estadístico se abordan plenamente las problemáticas de vanguardia de la investigación actual en Climatología. No faltan, no obstante, quienes muestran aún, en relación con estas técnicas empleadas por el método estadístico, una cierta insatisfacción, dada la predominancia de los modelos aún estadísticos simplemente, ya que aspiran a que paulatinamente se dé el paso adelante hacia el uso y construcción de modelos matemáticos (Dauphine et al., 1981).

En cuanto a su conexión temática, el predominio del *enfoque estadístico*, como principal línea metodológica de continuidad en los estudios actuales de Climatología, se registra en relación con todos los temas, excepción hecha de los trabajos sobre *tipos de tiempo* y *Circulación Atmosférica* a los que, lógicamente, se adecúan más los enfoques sinóptico y dinámico. Ahora bien, su utilización en las publicaciones analizadas se centra prioritariamente en dos grupos temáticos bien diferenciados, los referidos a los *elementos climáticos* y a la *variabilidad climática*. Se trata, precisamente, de los dos temas que se pueden considerar más representativos, cada uno de ellos, de las preocupaciones más tradicionales (el referido a los elementos del clima) y de las nuevas problemáticas (los cambios climáticos). Con ello, el enfoque estadístico, mayoritario como es, refleja a nivel metodológico cómo *continuidad* y *cambio* coexisten, en buena armonía, en los estudios climatológicos.

La evolución del peso relativo de los trabajos realizados con este enfoque estadístico dentro del panorama metodológico de la Climatología, a lo largo del período estudiado, muestra, no obstante, una tendencia descendente, sobre todo, acentuada en los últimos años, en los que ha entrado en mayor competencia con otros enfoques. Esta evolución es muy semejante a la que registra el estudio de los elementos climáticos, ya que junto a este grupo temático, este enfoque representa la principal línea de continuidad metodológica

que, aun manteniéndose en elevados niveles de tratamiento, a partir de los años ochenta va perdiendo su anterior preponderancia.

El *enfoque sinóptico*, que se abrió paso en el panorama metodológico de la Climatología desde principios del presente siglo de la mano de la teoría del Frente Polar y que llegó, incluso, a generar relevantes debates metodológicos en el seno de determinadas escuelas, como, por ejemplo, la francesa, sufre en la actualidad un claro estancamiento, si no un relativo abandono, que va acusándose más a partir de finales de los años setenta.

La crisis de este enfoque metodológico, tras un período de éxito y aceptación bastante generalizados, se debe a que no ha conseguido superar la posición intermedia que ocupa entre la mera y simple descripción fisionómica del clima y la interpretación dinámica del mismo. Aunque de forma algo colateral, tampoco ha logrado establecer unos criterios de clasificación que permitieran jerarquizar los diversos tipos de tiempo, en base a alguna magnitud cuantificable. Con ello las clasificaciones sinópticas han permanecido a unos niveles de subjetividad quizás algo excesivos.

La teoría de los frentes y de las masas de aire, en las que se apoya a nivel teórico este enfoque, también se han visto ampliamente cuestionadas, tanto respecto a los criterios de identificación termohigrométrica de las distintas masas de aire como en relación a la propia definición de los frentes (Geb, 1971).

Lógicamente, la evolución de los otros métodos, en conexión con las nuevas problemáticas científicas de la Geografía, ha colaborado también a esta pérdida relativa de interés por el enfoque sinóptico. Para la constatación empírica de los cambios climáticos, los análisis estadísticos aplicados a largas series meteorológicas se han constituido en métodos preferenciales, mientras que en la búsqueda de los cambios de los mecanismos generadores del clima, los enfoques dinámicos y sistémicos aportan mejores resultados.

El enfoque sinóptico ha quedado así un tanto aislado y su operatividad ha pasado a ser complementaria de otros enfoques. De tal forma que para salir de esta situación sin salida, el método sinóptico está evolucionando en dos líneas de reconocimiento distintas. Una le lleva hacia una identificación con el método dinámico (Perry, 1983); la otra le conduce hacia otra de las problemáticas actuales, si bien aún minoritaria en los estudios de Climatología: el clima vivido. El *tipo de tiempo* se transforma así en un concepto útil para el desarrollo de una *Climatología comprensiva*, basada en el estudio de los principales ambientes atmosféricos cotidianos (Mounier, 1977; Vigneau, 1978).

En cuanto a su decantación temática, el *enfoque sinóptico* registra una mayor conexión específica, como era de esperar, con los estudios acerca de los *tipos de tiempo* y *Circulación General Atmosférica*. En relación con los restan-

tes grupos temàtics, presenta un comportament semblant al del enfocament estadístic, assumint també, de forma compensada, el tractament de les temes tradicionals, especialment el estudi de *climas regionals i locals*, i les noves qüestions en torn a les *cambis climàtics*; amb això es manifesta com un enfocament que, tenint la seva clara especificitat, està ja plenament incorporat a la metodologia bàsica de la Climatologia.

El *enfoque dinàmic* que se asentava en el camp de la Meteorologia i de la Climatologia hacia mitjans de segle, a la par que les grans interpretacions dinàmiques de la Circulació General Atmosfèrica, segueix sent el principal instrument metodològic per al qüestionament i el avanç de aquestes teories i de la seva aplicació a la explicació climàtica (Atkinson, 1978).

Per això està present en tot un grup de treballs, bàsicament produïts des del camp de la Meteorologia, que desenvolupen noves interpretacions dinàmiques sobre la Circulació General Atmosfèrica. Alguns segueixen la mateixa línia teòrica de els models dinàmics del meteoròleg sueco-estadunidense Carl-Gustav Arvid Rossby (1898-1957), encara que modificant-los al otorgar a els pols, en lloc de a les latituds mitjanes, el paper fonamental de dicha Circulació General, i, a la vegada, en consonància amb això, fixant en la criosfera la funció de control temporal del clima (Goody, 1980).

Una altra línia de aplicació del enfocament dinàmic apareix orientada hacia la formulació de nous models teòric-experimentals, a través de la simulació en laboratori de determinades condicions del camp de temperatura, de la circulació atmosfèrica zonal i meridiana, de els camps de pressió i de humedat, del balanç hídric, del balanç tèrmic o del transport meridiano d'energia, per a mostrar amb això el paper de la Circulació General Atmosfèrica en la elaboració del clima (Holloway et al., 1971).

Per una altra part, el enfocament dinàmic manté estretes e importants connexions amb el enfocament sinòptic i amb el enfocament sistèmic, el que ha produït diverses confusions, i en ambos sentits. Mentre uns autors el associen indisolublement amb el enfocament sinòptic (Barry, 1980), altres el identifiquen totalment amb el enfocament sistèmic (Garnier, 1978). La aproximació al anàlisi sinòptic es presenta en treballs referits al reconeixement de fenòmens climàtics locals o regionals, en la seva connexió amb la Circulació General Atmosfèrica se fa residir la seva pròpia explicació (Sanders et al., 1980; Winkler, 1982). En quant a la seva identificació amb el enfocament sistèmic, resulta omnipresent en tots aquells estudis que conciben la dinàmica del clima com un doble procés espai-temporal (Lamb, 1979; Atkinson, 1978).

La evolución de la presencia de este enfoque dinámico a lo largo del período estudiado registra una tendencia descendente, especialmente marcada a finales de la década de los años setenta, aunque se aprecia también una recuperación en el inicio de los años ochenta. Esta oscilación en la utilización del enfoque dinámico en las publicaciones de Climatología puede estar motivada por el despegue, a partir de los años setenta, del enfoque sistémico, lo cual repercute inicialmente en una rápida pérdida de peso relativo del interés por el enfoque dinámico, para pronto conectar ambos análisis en una misma problemática: la dinámica temporal del clima.

El *enfoque dinámico*, por su parte, refleja en su decantación temática una marcada dependencia de los temas que se refieren a los *tipos de tiempo* y a la *Circulación General Atmosférica*. Esta dependencia casi unilateral del enfoque dinámico respecto del estudio de la *Circulación General Atmosférica* le configura como un análisis diferencial, muy específico para unos temas determinados, lo que, a diferencia del enfoque sinóptico, le otorga un sesgo metodológico un tanto parcial, por lo que no puede ser considerado como un enfoque convencional dentro del amplio campo de los estudios climatológicos.

El *enfoque sistémico* se destaca como la nueva metodología que se está imponiendo en los actuales estudios en Climatología. La evolución del porcentaje anual de publicaciones que utilizan este método durante el período analizado refleja, sin lugar a dudas, esta tendencia.

Se puede reconocer en los estudios de balances de radiación de mediados de siglo (Budyko, 1956, 1962) uno de los puntos de arranque de esta nueva metodología. Estos estudios llevaron a concebir el clima como resultado de una interacción dinámica entre la atmósfera y la superficie terrestre; los intercambios energéticos entre ambos medios se destacaron como especialmente significativos y el balance de radiación entre la tierra y la atmósfera atrajo la atención de los estudios climáticos.

En tal contexto científico, la aplicación de la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1968) resultó especialmente idónea y con ella se dio paso al concepto de *sistema climático* y se introdujo en la Climatología este nuevo método científico que se ha denominado en este trabajo *enfoque sistémico*.

Al concebirse el clima en términos sistémicos se puede abordar con facilidad la interacción de los factores astronómicos y geográficos que están en la base de la distribución planetaria de los climas. Además, esta concepción permite realizar la reconstrucción y explicación de la evolución del clima en el tiempo, desde su pasado geológico, y, a través de su pasado histórico, aventurarse en la predicción del futuro (Lockwood, 1979).

La evolución de los estudios acerca de la Circulación General Atmosférica es otra de las líneas teóricas que converge en la nueva formulación sistémica en Climatología. En la búsqueda de una explicación de la dinámica de la atmósfera, mientras unos autores fijan en los intercambios entre la troposfera y la estratosfera, a nivel de la tropopausa, la clave de las distintas velocidades y configuraciones de la corriente en chorro (*jet-stream*), otros científicos centran su atención en los intercambios energéticos entre la superficie terrestre y la atmósfera (Dickinson, 1971).

Pero el empuje que experimentan estos estudios en la década de los años setenta se debe, sin lugar a dudas, a la creciente preocupación por el problema de los cambios climáticos. Tras una inicial alerta sobre la injerencia antrópica en el funcionamiento de la atmósfera y su manifestación climática actual, se pasa a admitir que los futuros cambios de la atmósfera serán el resultado de la inestabilidad inherente a la circulación atmosférica y no de los cambios que se puedan detectar e, incluso, controlar. Al mismo tiempo, se tiene la convicción de que se está muy lejos aún de conocer suficientemente el funcionamiento de la máquina del clima para tener la capacidad de explicar los climas pasados y presentes, así como para estimar acertadamente el impacto de las modificaciones antrópicas.

En este contexto, el enfoque sistémico suministra una nueva vía de investigación, aportando nuevas relaciones para evaluar y nuevas interpretaciones a aplicar en la explicación del clima. El interés se centra inmediatamente en el estudio de la interacción atmósfera-océano y, posteriormente, en el de los intercambios entre la atmósfera, la biosfera y los suelos (Hare, 1971).

De esta forma, con el enfoque sistémico, la Climatología se transforma plenamente en una ciencia medio-ambiental y una de las cuestiones que, de forma prioritaria, enfoca es el estudio del límite de la interfase suelo-atmósfera, llamada *capa límite (boundary layer)* de los intercambios energéticos entre la superficie terrestre y la atmósfera. Por debajo de ella, se localizan las transferencias energéticas de calor sensible y de calor latente y se estima que tiene un papel primordial tanto en la dinámica de la atmósfera como en la dinámica de los climas (Oke, 1978; Stewart, 1979).

Finalmente, el enfoque sistémico se aplica también a la organización lógica del reconocimiento y explicación de la distribución geográfica de los climas (Pagney, 1981). Para este climatólogo francés, el *mosaico climático del globo* es la expresión de un *sistema* en equilibrio global, que puede considerarse, a la vez, como una imagen dinámica en el seno de un equilibrio global o como un momento en una sucesión de desequilibrio.

Desde la escuela británica, el geógrafo inglés John George Lokwood también ha desarrollado un modelo sistémico de interpretación de la diversidad climática de la Tierra en un libro muy difundido (Lockwood, 1985). Así la metodología sistémica adquiere un elevado interés desde un punto de vista geográfico y, con ello, la aproximación geográfica o territorial asume, desde su óptica particular, el aprovechamiento de estos nuevos enfoques.

En coherencia con su estrecha correlación con las nuevas problemáticas, el *enfoque sistémico* se dedica de forma especial al estudio de la *variabilidad climática* y al establecimiento de *balances climáticos*. Igualmente, puede decirse que trata de forma bastante conveniente el estudio de los *tipos de tiempo* y la *Circulación General Atmosférica*, al tiempo que desatiende de forma muy marcada los temas climatológicos más tradicionales, como son el estudio de los *elementos climáticos* y el de los *climas regionales y locales*.

El decantamiento temático de este enfoque es, de esta forma, menos sesgado que el del enfoque dinámico. De todas maneras, presenta una exclusión muy importante en relación con alguno de los grupos temáticos tradicionales y mayoritarios en los trabajos de Climatología. Debe reconocerse, pues, en estos rasgos, su protagonismo como enfoque de vanguardia, con capacidad de integración progresiva en la metodología básica de la Climatología, a la par que vaya asumiendo una mayor pluralidad temática.

PERSPECTIVA ESPACIAL Y PLASMACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS DIVERSOS ENFOQUES METODOLÓGICOS EN CLIMATOLOGÍA

Desde todos los puntos de vista, pero más aún desde el geográfico que nos guía, interesa, al analizar los aspectos metodológicos de los estudios de la Climatología contemporánea, prestar una atención especial a la perspectiva espacial que se aplica, ya que la perspectiva espacial de todo estudio climático es en sí misma una opción metodológica. En efecto, constituye una delimitación abstracta de un espacio analítico desde el que se trata de contemplar el clima de un espacio concreto. Esta concreción espacial del objeto de estudio, en cambio, constituye su plasmación geográfica.

Los problemas de escala, tan característicos y tan debatidos entre los geógrafos, hasta el punto que puede considerarse que son consubstanciales con la propia disciplina, también han sido tenidos en cuenta desde siempre por parte de quienes han cultivado los estudios climatológicos. Ello ha sido así porque estos problemas, sin duda, desempeñan un papel importante tanto para la

simple descripción como para la misma explicación científica de los climas (Durand-Dastes, 1979).

En Climatología las distintas escalas aparecen siempre perfectamente conjugadas, de tal forma que cada una de ellas no sólo sirve de interconexión entre las dos más cercanas, sino que en ella misma se concreta esta imbricación espacial. Así, la escala zonal sirve de puente entre la escala planetaria y la escala regional, pero, al mismo tiempo, es manifestación de los procesos climáticos que operan a nivel planetario y a nivel regional. Lo mismo ocurre con la escala regional, en la que se recogen las dinámicas zonales de los balances de radiación y de la Circulación General Atmosférica, así como las interferencias locales de su propia configuración regional, para no ahondar en el nivel de la escala local, donde se entrelazan los factores regionales con los microclimáticos de una forma aún mucho más densa.

Actualmente, en relación con esta cuestión puede decirse que se está produciendo un desplazamiento en el interés de los estudios climáticos hacia problemáticas generales cuyo análisis exige escalas planetarias o zonales. Paralelamente, se van abandonando paulatinamente aquellas interpretaciones de la manifestación climática más cerradas desde su propio marco espacial, esto es, las explicaciones de las cuestiones climáticas locales desde una escala sólo local o la de los climas regionales, desde una escala regional. Dentro de este contexto, los estudios *microclimáticos* parecen mantenerse al margen de las tendencias generales, sin recibir estímulos que conduzcan a un aumento de su interés, ni cuestionamientos que repercutan en una pérdida del mismo.

Fijando un poco más la atención en cada una de las escalas, separadamente, se encuentra que los trabajos a *escala planetaria* denotan en su incremento la necesidad que tiene la Climatología de construir una explicación global desde la cual poder explicar sus problemáticas, tanto generales como regionales. Puede deducirse también que dicha interpretación está ya en fase de elaboración, con la ayuda, en gran parte, de los nuevos enfoques sistémicos. Con ello puede empezar a pensarse que la Climatología está alcanzando su madurez científica.

La *escala zonal* se ha de concebir como un nivel de escala dependiente de la escala planetaria que, sin alcanzar el protagonismo de esta última, juega, no obstante, un primordial papel intermedio para la aplicación explicativa de las interpretaciones generales a los problemas regionales. Es por ello por lo que se recoge, en parte, la tendencia expansiva señalada en la escala planetaria, mitigada, a su vez, por su aproximación a la escala regional.

La *escala regional*, como escala más utilizada que es en los estudios climáticos en general, sigue manteniendo su vigencia. Ello debe casi forzosamente ser así, ya que, a pesar de ese desplazamiento del interés hacia la escala plane-

taria, que se acaba de comentar, sigue siendo una escala altamente significativa para cualquier estudio climático. En efecto, la diversificación climática de la superficie terrestre responde, en gran medida, a mecanismos regionales, y su distribución está también casi siempre sujeta a pautas regionales.

La *escala local* de análisis climático corresponde básicamente a trabajos de reconocimiento empírico de unas condiciones climáticas locales. Por esta razón, y en consonancia con las nuevas tendencias generales de las preocupaciones temáticas y metodológicas de la Climatología, su marco espacial se ha visto ampliamente superado, por lo menos como perspectiva de análisis adecuada. Ello ha sido así de tal forma que, con independencia del mantenimiento, e incluso aumento, del interés por los climas locales, como en el caso de los climas urbanos, el nivel local como escala para el análisis ha perdido claramente su importancia metodológica. En último lugar, la *escala microclimática*, desde su posición marginal en el conjunto de los estudios climáticos, juega un papel eminentemente aplicado y experimental, características ambas de gran trascendencia para el futuro de la investigación en Climatología.

Hay que destacar también que, en Climatología, los análisis multiescalares, es decir, los que utilizan diversas escalas al mismo tiempo, son relativamente frecuentes, ya que los procesos que regulan el clima de un lugar determinado están regidos, a su vez, por dinámicas controladas desde distintas escalas. De este modo, para explicar el clima de un espacio concreto forzosamente debería recurrirse a varias escalas significativas, y, en último extremo, es siempre el propio investigador quien arbitra desde qué perspectiva o perspectivas espaciales desea analizar su objeto de estudio; según sea esta opción el investigador podrá llegar a explicar unas u otras cuestiones, o, en el peor de los casos, ninguna.

En cuanto a la conexión relativa que presentan los enfoques metodológicos con las diversas escalas de análisis, la mayoría de ellos reflejan la dominación general de los estudios climáticos a *escala regional*, siendo el enfoque sinóptico el que presenta una relación más estrecha con esta escala. Tan sólo el enfoque sistémico no recoge esta tendencia general y manifiesta, en cambio, una preferencia por la *escala planetaria* en sus estudios. Es especialmente significativa la conexión que se establece entre la *escala zonal* y el enfoque dinámico, mientras que los enfoques estadísticos tienen en la *escala local*, junto con la *regional*, sus análisis espaciales preferentes.

Los trabajos de *enfoque sinóptico* presentan una alta correlación con la escala regional que utilizan casi en las tres cuartas partes de los casos. De esta forma, es el enfoque que presenta una mayor y más clara decantación hacia una escala de análisis en particular. Los estudios de *enfoque dinámico* presen-

tan una dicotomía interna muy marcada en la aplicación que hacen de las distintas escalas de análisis. Sus preferencias se inclinan hacia el conjunto de las escalas regional, zonal y planetaria, que utilizan de forma relativamente bastante compensada, desestimando, por el contrario, el análisis a gran escala, esto es, a las escalas locales y microclimáticas. El *enfoque sistémico* en sus estudios refleja, al igual que el enfoque sinóptico, una vinculación estrecha con una escala de análisis que destaca entre todas las demás; se trata, en este caso, de la escala planetaria, en la que se sitúan más de la mitad de sus publicaciones. Desde este enfoque, las restantes escalas tienen un tratamiento muy inferior, que disminuye de forma brusca al nivel de la escala local. En cambio, los estudios microclimáticos en el enfoque sistémico tienen un peso relativo superior al que presentan para los restantes enfoques.

De la misma manera que se pueden reconocer unas relaciones más o menos estrechas, según los casos, entre enfoque metodológico y escala de análisis, también los distintos espacios geográficos presentan diferentes niveles de idoneidad para la aplicación de unos u otros enfoques.

En una primera aproximación, la distribución de los espacios geográficos sobre los que centran sus estudios los distintos enfoques metodológicos presenta, a grandes rasgos, dos modelos bastante contrastados. Unos, los que se proyectan exclusiva o prioritariamente sobre los continentes, que bien podrían denominarse *enfoques continentales*, como ocurre en el caso del enfoque estadístico y del enfoque sinóptico. Otros son aquellos que aplican una buena parte de sus estudios a las superficies oceánicas y que, en consecuencia, se podrían denominar *enfoques oceánicos*, como es el caso del enfoque dinámico y del enfoque sistémico. En buena lógica, y dada la desigual distribución de tierras y mares en los dos hemisferios terrestres, unos enfoques centran sus estudios en el hemisferio norte (sobre todo los que siguen pautas continentales), mientras que otros presentan un tratamiento mucho más compensado del conjunto de la superficie terrestre.

También puede distinguirse, en la plasmación geográfica de los diversos enfoques metodológicos, la presencia de diferentes tendencias zonales. Así, los enfoques continentales se manifiestan más azonales que los enfoques oceánicos, que reflejan siempre en su proyección geográfica una cierta zonalidad. Dentro de dicha tendencia zonal, unos u otros enfoques presentan, a su vez, diferentes preferencias latitudinales. Por las latitudes medias optan el enfoque estadístico y el enfoque sinóptico, mientras que los restantes enfoques tienen en las latitudes intertropicales su espacio geográfico preferencial. El enfoque sistémico, por su parte, atiende en sus estudios, mucho más que en ningún otro, a las altas latitudes.

Por su parte, los estudios del *enfoque estadístico* reflejan el elevado grado de introspección sobre sus propios territorios que poseen los estudios climatológicos en las distintas escuelas nacionales. En general, la proyección geográfica en los países europeos y en Norteamérica se adapta, en buena medida, a la distribución de la producción propia de publicaciones de Climatología en estos países. Se libera el tratamiento geográfico de esta sujeción cuando se trata de los estudios referidos a África y al conjunto de las latitudes intertropicales, a excepción del continente sudamericano, que recibe menor atención. Las latitudes altas, así como Australia y los océanos en las latitudes medias, reclaman en menor medida la atención de los estudios realizados con este enfoque estadístico.

En el *enfoque sinóptico* se refleja también, en su calidad de enfoque eminentemente continental, esa misma estrecha conexión que a nivel de estados se registraba en el enfoque estadístico entre sujeto productor y plasmación geográfica del objeto de estudio. Al mismo tiempo también se hace eco de las nuevas preocupaciones científicas por el funcionamiento climático de las latitudes intertropicales y, por el contrario, desatiende notablemente las superficies oceánicas y las altas latitudes.

Este enfoque sinóptico muestra así una proyección geográfica muy similar a la del enfoque estadístico, si bien con menor intensidad de dedicación. Con esta constatación se puede ratificar la plena asunción metodológica de este enfoque por parte de la Climatología, tal como se veía también en relación con otras cuestiones tratadas anteriormente, de tal forma que dicho enfoque mantiene un comportamiento plenamente convencional, y, si en su momento pudo representar una línea de vanguardia, en la actualidad constituye claramente ya una línea de continuidad metodológica.

Las áreas geográficas de estudio de los trabajos realizados desde un *enfoque dinámico* registran, de forma clara, una gradación del interés, siguiendo una pauta zonal, desde las bajas latitudes, sobre las que versan el mayor número de publicaciones, hasta las altas latitudes. De esta forma, la plasmación geográfica de los estudios realizados bajo este enfoque refleja la importancia que en los mismos alcanza la dimensión zonal de la circulación atmosférica, tema de análisis prioritario para este enfoque dinámico que se corresponde, a su vez, con la dominancia de la escala zonal como perspectiva espacial de análisis y se concreta geográficamente también en ámbitos zonales.

El *enfoque sistémico* se diferencia de los tres anteriores al abordar preferentemente en la plasmación geográfica de sus estudios las áreas oceánicas. Ello es debido a que uno de sus temas prioritarios lo constituyen las transferencias energéticas (flujos de *calor latente* y de *calor sensible*) entre los océanos y la

atmósfera y, en general, el balance de radiación, en el que las superficies oceánicas juegan un papel fundamental. El fenómeno climático de la oscilación meridional de *El Niño*, al fijar la atención de un buen número de los trabajos de este enfoque sistémico, destaca de forma particular al Pacífico intertropical como área geográfica más estudiada desde esta perspectiva metodológica. Las altas latitudes reciben una atención especial también de parte de este enfoque por tratarse del ámbito de los estudios del balance de radiación entre la criosfera y la atmósfera, especialmente en el marco de la Antártida, ya que es el lugar específico de la manifestación del deterioro ambiental de la ozonosfera, que tan graves implicaciones tiene en el equilibrio energético del sistema climático.

CONCLUSIÓN

Competencia y colaboración, *continuidad y cambio* son las dos oposiciones que se conjugan a la par en la investigación climatológica contemporánea. Las tradicionales problemáticas fisionómicas y clasificatorias, junto a las orientaciones metodológicas analíticas, han sabido asumir este doble juego de fuerzas, constituyéndose en principales líneas de continuidad e identificación científica en Climatología; mientras que las actuales problemáticas en torno a la *dinámica temporal del clima* y los nuevos enfoques sistémicos, substituyendo el convencional concepto de clima por el de *sistema climático*, representan, por su parte, las principales líneas de cambio metodológico.

Al no corresponderse la Climatología con una disciplina independiente, sino ser, más bien, un campo de investigación interdisciplinario, el *debate metodológico* entre ambas posiciones encuentra escasa resonancia institucional, al no asociarse a debates internos de una única comunidad científica socialmente jerarquizada. En todo caso, se apunta tan sólo en un flanco interdisciplinario, en el que la principal zona de fricción se establece entre las dos disciplinas básicas que la cultivan: la Física y la Geografía.

Desde el campo de esta última, se desarrolla una reflexión crítica a la reciente evolución de la investigación en Climatología que, al otorgar prioridad a los estudios de los grandes mecanismos de la Circulación General Atmosférica y a los balances energéticos del sistema climático, se considera que se aleja de sus intereses geográficos. Desde esta posición se defiende un nuevo rumbo en la investigación con el fin de recuperar viejos planteamientos, no abandonados del todo, pero sí considerablemente desatendidos: la influencia del clima sobre el entorno socio-económico y las propias actividades huma-

nas, asociado ahora a las nuevas preocupaciones sobre las interferencias antrópicas en la modificación del clima.

Con uno u otros objetivos científicos, los enfoques sistémicos se abren paso y entran en fuerte competencia metodológica con los enfoques sinóptico y dinámico, ya que, a medida que van imponiéndose, el enfoque dinámico va perdiendo importancia y el enfoque sinóptico parece haber alcanzado ya su techo. Otro frente de competencia lo abren las nuevas técnicas de la *teledetección*; desde ellas se potencian más unos campos y unas áreas de estudio y se desestiman, otros y, a su vez, las distintas problemáticas se esfuerzan por aplicarlas en beneficio propio. Ello se debe a que el cambio metodológico en Climatología, si bien no ha desencadenado un debate conceptual generalizado, sí que ha impulsado la experimentación técnica. De tal forma es así, que la aplicación de las técnicas de percepción remota funciona como indicador de la innovación metodológica y como exponente de la potencia metodológica e, incluso, geopolítica, de las distintas escuelas climatológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBENTOSA, L.M. (1976), «Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo», *Revista de Geografía*, vol. X, 1-2, Barcelona, p. 140-157.
- (1977), «Estado actual de las investigaciones en Climatología sintética», *Revista de Geografía*, vol. XI, 1-2, Barcelona, p. 119-144.
- ATKINSON, B.W. (1978), «Topics in dynamical meteorology», *Weather*, 1, Londres, p. 2-8.
- BARRY, R.G. (1980), «Synoptic and dynamic climatology», *Progress in Physical Geography*, 1, Londres, p. 88-96.
- BERTALANFFY, L. VON (1976), *Teoría General de los Sistemas*, Madrid-Buenos Aires. Fondo de Cultura Económica, 311 p.
- BRAS, R.L., COLÓN, R. (1978), «Time-averaged areal mean of precipitation: estimation and network design», *Water Resources Research*, 5, Washington, p. 878-888.
- BUDYKO, M.I. (1962), «The heat balance of the surface of the earth», *Soviet Geography*, 3, Nueva York, p. 3-16. (original en ruso de 1956, *Teplovoi balans zemnoi poverkhnosti*, Gidromet. Izdat, 1, Moscú, 254 p.
- DAUPHINÉ, A. (1980), «Démarches et mathématiques en Climatologie», *Bulletin de l'Association de Géographes français*, 468-469, París, 139-144.
- DAUPHINÉ, A.; DURAND-DASTÉS, F.; SAINTIGNON, M.F. DE (1981), «Informatique et statistique en climatologie géographique», *Informatique et sciences humaines*, 48, París, p. 75-86.
- DICKINSON, R.E. (1971), «Analytic model for zonal winds in the tropics», *Monthly Weather Review*, 6, Boston, p. 501-523.
- DURAND-DASTÉS, F. (1979), «Ordres de grandeur des systèmes de circulation atmosphérique et explication des climats: l'exemple de l'Index», *L'Espace Géographique*, 1, París, p. 15-23.
- EAGLESON, P.S. (1978), «Climate, soil and vegetation. The distribution of annual precipitation derived from observed storm sequences», *Water Resources Research*, 5, Washington, 713-721.

- GARNIER, R. (1978), «Aperçus de climatologie dynamique», *La Météorologie*, 13, Paris, 73-94.
- GEB, M. (1971), «Neue aspekte und Interpretationem zum Luftmassen und Fronten Konzept», *Meteorologische Abhandlungen*, T. 109, 2, Berlin, 121 p.
- GOODY, R. (1980), «Polar process and world climate», *Monthly Weather Review*, 12, Boston, 1935-1942.
- GUPTA, V.K.; WAYMIRE, E.C. (1979), «A stochastic kinematic study of subsynoptic space-time rainfall», *Water Resources Research*, 3, Washington, p. 637-644.
- HANN, J.F. (1882), *Handbuch der Klimatologie*, Viena.
- HARE, F.K. (1971), «Future climates and future environments», *Bulletin of the American Meteorological Society*, 6, Boston, p. 451-456.
- HOLLOWAY, J.L.; MANABE, S. (1971), «Simulation of climate by a global general circulation model. Hidrologic cycle and heat balance», *Monthly Weather Review*, 5, Boston, p. 335-370.
- KÖPPEN, W. (1936), *Der geographische System der Klimate*, *Handbuch der Klimatologie*, Berlin, 478 p.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1930), *Handbuch der Klimatologie*, Berlin, 5 vol. (incompleto).
- LAMB, H.H. (1972), *Climate, Present, Past and Future*, Methuen, Londres, 835 p.
- LAMB, P.J. (1979), «Some perspectives on climate and climate dynamics», *Progress in Physical Geography*, 2, Londres, p. 215-235.
- LANDSBERG, H.E. (1981), *The Urban Climate*, Academic Press, New York, 278 p.
- LHOMME, J.P. (1981), «L'évolution de la pluviosité annuelle en Côte d'Ivoire au cours des soixante dernières années», *La Météorologie*, 25, Paris, p. 135-140.
- LOCKWOOD, J.G. (1979), *Causes of climate*, Edward Arnold, Londres, 260 p.
- (1985), *World climate systems*, Edward Arnold, Londres, 292 p.
- MERLE ORSTOM, J. (1982), «Les interactions océan-atmosphère a grande échelle et le climat», *Courrier CNRS*, 46, Paris, p. 23-27.
- MOUNIER, J. (1977), «Le type de temps, un choix pour le géographe: climatologie synoptique ou climatologie compréhensive», *Actes des Journées nationales de Climatologie*, C.R. Cl., Dijon, p. 99-117.
- NICHOLLS, N.; MCBRIDE, J.L.; ORMEROD, R.J. (1982), «On predicting the onset of the Australian wet season at Darwin», *Monthly Weather Review*, 1, Boston, p. 14-17.
- OKE, T.R. (1978), *Boundary Layer climates*, Methuen, Londres, 393 p.
- PAGNEY, P. (1981), *La mosaïque climatique du globe et son approche géographique*, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, CNRS, Grenoble, p. 367-381.
- PÉDELABORDE, P. (1957), *Le climat du bassin parisien*, M. Th. Génin, Paris, 539 p.
- PEGUY, CH. P. (1983), «Informatique et climatologie», *Annales de Géographie*, 511, Paris, p. 284-304.
- PERRY, A. (1983), «Growth points in synoptic climatology», *Progress in Physical Geography*, 1, Londres, p. 90-96.
- QUENEY, P. (1953), «L'évolution moderne des idées sur la circulation générale de l'atmosphère», *l'Information Géographique*, 2, Paris, p. 2-12.
- ROLDÁN, J.; WOOLHISER, D.A. (1982), «Stochastic daily precipitation models. A comparison of occurrence processes», *Water Resources Research*, 5, Washington, p. 1451-1459.
- ROSSBY, C.G. (1947), «On the general circulation of the atmosphere in middle latitude», *Bull. of Amer. Meteor. Ass.*, Boston, p. 255-280.
- (1949), *On the nature of the general circulation of the lower atmosphere*, University of Chicago Press, Chicago, p. 16-48.
- SANDERS, F.; GYAKUM, J.R. (1980), «Synoptic-dynamic climatology of the "Bomb"», *Monthly Weather Review*, 10, Boston, p. 1589-1606.

- SHARON, D. (1981), «The distribution in space of local rainfall in the Namib desert», *Journal of Climatology*, 1, Chichester, p. 69-75.
- SORRE, M. (1943), *Les fondements biologiques de la Géographie humaine*, A. Colin, París, 440 p.
- STEWART, R. W. (1979), *The atmospheric boundary layer*, World Meteorological Organization, 523, Ginebra, 44 p.
- THAMBYAHPIILLAY, G. G. R. (1982), «Precipitation trends within the Intertropical Convergence Zone: a preliminary observation», *Climatological Notes*, 29, Tsukuba, p. 126-129.
- VAN BEBBER W. J. (1986), *Die Hauptwetterlagen in Europa*, Stuttgart.
- VIGNEAU, J. P. (1978), «Du climat regional au climat local: l'exemple d'une vallée du Moyen Confler», *Geodoc*, 12, Toulouse, 63 p.
- WAYMIRE, E; GUPTA, V. K. (1981), «The mathematical structure of rainfall representations. A review of the stochastic rainfall models», *Water Resources Research*, 5, Washington, p. 1261-1272.
- WINKLER, J. A. (1982), *A synoptic-dynamic climatology of extreme precipitation in Minnesota*, University of Minnesota, Minneapolis, 244 p.