

LA PARAMETRIZACIÓN DEL CLIMA

Alberto LINÉS ESCARDÓ
Meteorólogo. Doctor en Ciencias Físicas

RESUMEN

El Sistema Climático es esencial para tener claro concepto de clima, su estabilidad y para conocer las bases físicas o elementos básicos físicos del clima. El autor relaciona el problema con la circulación general atmosférica, analiza posibles cuasi invariantes y el papel de las condiciones de contorno.

Palabras clave: Clima, invariantes del clima, condiciones de contorno

ABSTRACT

The climate system (atmosphere, hidrosphere, litosphere, biosphere and criosphere) is essential to get a clear conception of the climate and its basic elements. The author relates hereby the problem with the general circulation of atmosphere, possible cuasi invariants and the role of the boundary conditions.

Key words: Climate, climate invariants, contour conditions

1. INTRODUCCIÓN

Las numerosas definiciones acerca de lo que entendemos por clima parece indicar que es un concepto sobre el que hay que profundizar. Por solo citar algunas de las definiciones, nos referiremos a Apuleyo, Ptolomeo, San Isidoro de Sevilla, Humbolt, Hann, Monn, Conrad, Contreras Arias, Sama, Landsberg, Köppen, Haurwitz, Austin, Lorente, Sorre, Pedelaborde, Catalá, Monin, Jansá, Thornthwaite, Poncelet y Ruiz Elvira, entre otros.

La OMM, en su Guía de Prácticas de Climatología ofrece esta definición que pudiera tener en alguna manera algo de oficial: “Es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado”. Y en las actas de la Conferencia Mundial del Clima de 1979, se define el clima de modo diferente: “Es la síntesis de los fenómenos meteorológicos en todo un periodo suficientemente largo estadísticamente, para establecer su conjunto de propiedades estadísticas (valores medios, varianzas, probabilidades de fenómenos extremos etc; es en gran parte independiente de cualquier estado instantáneo”.

Ninguna de estas dos últimas definiciones puede satisfacer plenamente. Por supuesto que, para evitar ambigüedades, es preciso que los elementos del conjunto se definan en forma inequívoca y unívoca. Por otra parte el concepto “estados” es amplio, y no siempre resulta sencillo su parametrización.

PEIXOTO (1989), parafraseando a San Agustín cuando trataba de definir el tiempo, dice: “Quid est CLIMA ? Si nemo a me quaerat, scio!. Si quaerenti explicare velim, nescio!”. ¿Que es clima? Si nadie me lo pregunta, lo se. Si me lo preguntan y trato de explicarlo, no lo se”.

Tal vez la raíz de este problema se encuentre en que quizá más se ha profundizado en las aplicaciones y técnicas climatológicas y en sus resultados, que en las causas físicas en que se basan tales resultados. Tratamos en esta comunicación de aportar ideas para encontrar bases físicas del clima.

2. INVARIANTES Y PARÁMETROS BÁSICOS DEL CLIMA

En el clima se ha venido tradicionalmente diferenciando entre factores (latitud, altitud, continentalidad etc.) y elementos (temperatura, presión, viento, humedad, precipitación etc). Los primeros son estables y los segundos muy variables.

El clima de un lugar viene marcado por lo que la atmósfera tiene de permanente en el mismo (J.JANSÁ, 1969) frente a lo contingente del día a día del tiempo atmosférico. El tiempo es cambiante de un día a otro y aún de una a otra hora; algo en continua mutación. No debemos olvidar que el concepto de clima se refiere muy especialmente a lo atmosférico, y en principio, parecería un contrasentido el buscar elementos permanentes en algo en si mismo cambiante.

Y sin embargo, hay rasgos permanentes de la atmósfera en cada lugar. Los factores del clima marcan una impronta en cada lugar. Nadie puede dudar de unos comportamientos muy característicos de la atmósfera, por ejemplo, en latitudes tropicales, o en elevadas altitudes o en tierras próximas a las masas oceánicas. Hay algo de repetitivo y no resulta difícil encontrar profundas analogías en estados atmosféricos, de modo que pueden encontrarse invariantes o cuasi invariantes, en los cuales debería estudiarse las claves del clima de un lugar.

Se ha dicho con razón que hay que buscar lo esencial por la vía de los invariantes.

En una región, entre otros, es cuasi invariante en el viento de equilibrio la componente transversal del viento geostrófico; lo son, los balances regionales de calor, humedad y momento cinético y el albedo del suelo. A estos cuasi invariantes podríamos denominar parámetros físicos básicos o simplemente, parámetros básicos de la región en cuestión. Los citados no son los únicos, ni pretendemos establecer una relación completa de los mismos.

3. EL SISTEMA CLIMÁTICO TERRESTRE

El estudio de los comportamientos atmosféricos no puede abordarse fuera del concepto del Sistema Climático Terrestre, cuyos componentes son atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera y criosfera. Con el Sistema Climático estabilizado, los valores medios de los parámetros atmosféricos convencionales se encuentran igualmente estabilizados. Cuando se desequilibra, hay cambio climático

hasta una nueva situación de equilibrio. La estabilidad climática es por supuesto compatible con la fluctuación.

Es preciso concebir a la atmósfera como parte integrante de un sistema más complejo, con profundas interacciones e intercambios energéticos entre sus componentes. De este sistema, prescindiendo de momento de la biosfera, el componente más sensible es la atmósfera. Por referirnos sólo a la temperatura, no es raro que en un día soleado de primavera la oscilación diaria de la temperatura alcance los veinte grados, mientras que a medida que penetramos en el suelo, la oscilación térmica va disminuyendo, y en el mar, sólo es perceptible en las capas más superficiales. Las grandes masas de hielos son sumamente lentas ante los cambios térmicos.

La razón de la mayor variabilidad de las temperaturas en las capas bajas atmosféricas es debida a la menor capacidad calorífica del aire comparada con la del agua. Si una columna de aire descansa sobre el océano, si tenemos en cuenta su masa y el calor específico del aire, resulta que la capacidad calorífica de dicha columna de aire vendría a ser menor que otra de agua del mismo diámetro y de unos dos metros y medio de espesor. Suponiendo con A.S. Monin que la capa de aguas oceánicas implicadas en los cambios climáticos a lo sumo llega a unos 240 metros de profundidad y la del terreno unos diez metros, las capacidades caloríficas de los componentes del subsistema atmósfera-océano-suelo vendrían a estar en la proporción 1: 68,5 :0,45. Estos componentes mantienen un régimen de intercambio energético.

A los cinco componentes del Sistema Climático podríamos denominarlos, con mayor propiedad, subsistemas, dada su activa dinámica interior. Son abiertos, y no aislados puesto que reciben energía solar a través del espacio y en la práctica están espacialmente bien diferenciados. Actúan interrelacionados por complejos procesos físicos que incluyen flujos de energía y de materia; generan a veces mecanismos de realimentación, positiva o negativa, muchas veces de decisiva importancia. Los componentes son termodinámicamente heterogéneos, caracterizados por su composición química y su estado mecánico y termodinámico.

Igual que cuando se aborda el estudio de cualquier otro sistema físico, en el caso del climático se hace precisa la parametrización de determinadas variables según necesidades específicas del cada problema. Los valores de estos parámetros aplicados a espacios supuestamente homogéneos, ofrecen un caos, un enorme número de posibles estados del sistema, de modo que su tratamiento debe ser abordado estadísticamente. Este es el planteamiento de la definición de clima de A.S. Monin.

Por esta razón, por mucho que pretendamos profundizar en las causas físicas del clima, nos vemos obligados a emplear a fondo la metodología estadística. No olvidemos que prácticamente, buena parte de lo avanzado en climatología, lo ha sido de la mano de la Estadística. La definición de la Conferencia Mundial del Clima de 1979, apuesta por la necesidad de la Estadística para abordar el concepto de clima. Sin embargo, debemos insistir en el riesgo y no pequeño de confundir las metodologías de estudio con el objeto final del mismo.

Volviendo al Sistema Climático, cualquier proceso del mismo es esencialmente dinámico. Y en cualquiera de tales procesos, hay un estado inicial y uno final. Cuando todos los estados finales forman parte del mismo conjunto que los estados iniciales, o llevan al mismo conjunto de propiedades

estadísticas, el sistema se llama transitivo o ergódico. Los procesos cíclicos o periódicos son ergódicos. En un sistema transitivo no ofrece dificultad el concepto de fluctuación.

Un sistema es intransitivo cuando los estados iniciales llevan en general a estados finales que no pertenecen al conjunto de estados iniciales. Ello supone cierta irreversibilidad en los procesos. Y finalmente, podemos definir un sistema cuasi intransitivo como un sistema transitivo que no obstante, puede alcanzar diferentes conjuntos estadísticos de estados a partir de estados iniciales distintos, a través de una evolución larga, pero finita.

Uno de los desafíos mayores de la Climatología en el momento actual, es el saber si el sistema climático terrestre es o no intransitivo, es decir, si los cambios climáticos actuales son irreversibles, lo que crearía una especial gravedad al problema del cambio climático. Hoy por hoy, aunque se supone el Sistema Climático cuasi intransitivo, no puede afirmarse rotundamente que sea intransitivo, pensando siempre en plazos muy largos.

4. CLIMA GLOBAL TERRESTRE

Cabría preguntarse si tiene sentido hablar del clima global del Planeta o al menos de la atmósfera planetaria. No parece haber dificultad si aplicamos la definición de la OMM, sin más que cambiar la expresión “dominio espacial determinado” por la expresión “espacio terrestre”. Si quisiéramos profundizar más y pretendiéramos establecer unos comportamientos medios o más frecuentes, siempre hablando a escala planetaria, nos encontraríamos que estábamos hablando de encontrar un modelo de la circulación general de la atmósfera, con su triple problema de establecer la redistribución de la energía calorífica, el vapor de agua y el momento cinético. En tanto pudiéramos hablar de situaciones repetitivas, de configuraciones atmosféricas más frecuentes dentro de un horizonte estacional, estaríamos hablando del clima global de la Tierra.

Mayor dificultad encontraríamos si pretendiéramos encontrar un modelo estable y representativo de la circulación a escala regional. El problema no es nuevo: se han desarrollado modelos muy confiables acerca del calentamiento global de la Tierra, pero queda mucho por hacer cuando tratamos de aplicarlos a escala regional y no digamos local. Con la circulación general atmosférica sucede lo mismo. Y una de las dificultades para obtener una rigurosa definición de clima radica en problema de encontrar lo permanente de la citada circulación general en una determinada región.

5. LA VARIABLE TIEMPO EN EL CLIMA

La Meteorología Dinámica y la Predicción del tiempo estudian las variables atmosféricas en función del tiempo. La variable t es fundamental y para el pronóstico, una vez parametrizado el estado atmosférico, en la aplicación de los modelos empleados, se incrementa dicha variable en un número de horas o días y se obtiene el pronóstico.

En la Climatología, el planteamiento es muy distinto. Se parte de la variabilidad con el tiempo de los diferentes parámetros atmosféricos, pero en el discurso de lo climatológico, se procura prescindir de dicha variable tiempo. Es decir, se busca lo permanente o los invariantes. Como los estados atmosféricos son infinitos, se recurre a planteamientos estadísticos, no siempre sencillos. En la medida en que hablemos de lo permanente, estamos refiriéndonos al clima, mientras que si lo

esencial es la dependencia de t , estamos en la Meteorología clásica o si se quiere operativa. La eliminación del tiempo es fundamental para hablar de clima en un periodo de estabilidad. Ciertamente la eliminación absoluta del tiempo, aparte de otras dificultades, nunca debería ser total por la importancia de las variaciones estacionales, esenciales en el concepto de clima.

6. ELEMENTOS DEL CLIMA Y EL PROBLEMA DE LA INVARIANCIA

Para la parametrización del clima, recurrimos a variables atmosféricas, tales como la temperatura, la humedad, la presión, la precipitación, la insolación, y el viento entre los parámetros que vienen a ser más usuales. En un segundo paso se suele recurrir a la evaporación, evapotranspiración, nubosidad, frecuencia de fenómenos especiales tales como las tormentas, las nieblas, temperaturas del subsuelo y otros. Y para profundizar en el conocimiento del clima, hemos de referirnos a sus factores: latitud, altitud, orientación, continentalidad y otros.

A efectos del estudio del clima, la elección de unos determinados elementos como básicos suele hacerse en función de las aplicaciones elegidas, pero no podemos estar seguros sean las idóneas para el conocimiento del clima. Hay otros elementos inherentes al estado físico del aire que no son considerados, unos conocidos y otros posiblemente solo de modo insuficiente. Los factores son permanentes y deben jugar un papel esencial en el estudio del clima. Los otros elementos son función del tiempo, lo que dificulta encontrar su perfil de invariancia.

7. MODELOS DE CIRCULACIÓN Y CONDICIONES DE CONTORNO

Para el estudio del clima y de los cambios climáticos, hoy quizá la mejor herramienta disponible la constituyen los modelos de circulación; cuando son “rodados” un número considerable de años, pueden servir para evaluar tendencias climáticas, integrando valores de los parámetros atmosféricos a lo largo de diferentes períodos de tiempo. Por otra parte, al “rodar” los modelos durante un plazo largo de años, podemos tener una primera aproximación de los posibles invariantes, o mejor, casi invariantes, elementos esenciales del clima en una región.

Por referirnos a algunos, mencionaremos los modelos empleados por el Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo. Como en la mayoría de los modelos de circulación, se parte de un sistema de ecuaciones del movimiento del aire, además de una serie de condiciones de contorno. Partiendo de un estado inicial, sumamente complejo a la hora de parametrizarlo, se da a la variable tiempo diferentes valores. Dado que las ecuaciones son en derivadas parciales no lineales, la complejidad es enorme por lo que se emplean técnicas de modelización numérica para obtener soluciones aproximadas, y los campos se representan por un número finito de puntos, en rejillas, es decir, el proceso continuo se “discretiza”. Cuanto más fina sea la rejilla, los resultados serán más aproximados a la realidad. Los puntos de la rejilla se repiten en altura en algo más de 30 niveles hasta unos 30 km. de altitud.

Los parámetros introducidos son, en superficie, precipitación, capa nívosa, presión, temperatura, viento, punto de rocío: en la atmósfera libre, altura geopotencial, viento, temperatura, humedad, nubes, vorticidad, divergencia y otros datos. Se introducen también las ecuaciones: las de Newton en operación cuasi lagrangiana con una aproximación hidrostática para el viento suponiendo nula la aceleración vertical, las de los gases perfectos, conservación de la energía y la de continuidad en

forma algo compleja. Además figuran en el modelo algo particularmente importante desde el punto de vista climático: las llamadas condiciones de contorno, tales como la naturaleza y rugosidad del terreno, uso del terreno, contenido de agua en tierra en un metro de espesor, masas de hielo marinas y las anomalías térmicas en el océano.

Es muy grande la incidencia de las condiciones de contorno en los valores de los parámetros atmosféricos, principalmente en los flujos de calor, obtenidos por los modelos. Merecen citarse los trabajos de RODRÍGUEZ CAMINO y AVISSAR (1998) que prueban la decisiva influencia de tales condiciones. De esas condiciones de contorno, unas son permanentes y otras de muy lenta evolución, por lo que su estudio es fundamental en el del clima de una región y forman parte de lo que hemos llamado “parámetros básicos” del clima de una región. Por supuesto que la invariancia es relativa ya que en su análisis es preciso analizar su evolución estacional.

8. CONCLUSIÓN

El conocimiento del clima no solo debe abordarse mediante el tratamiento de los parámetros atmosféricos convencionales; es menester, a la vez, estudiar las causas físicas que finalmente determinan los valores observados. En este punto de partida hemos de incluir, además de los factores geofísicos, aquellos otros que denominamos parámetros básicos del clima. Hemos citado algunos, como la componente geostrófica del viento equivalente, el albedo, los balances de calor, humedad y momento cinético y todas aquellas condiciones de contorno que aparecen como más significativas en los modelos de circulación.

Pudiera ser el objetivo final, muy lejano de momento, establecer clasificaciones climáticas no solo mediante valores estadísticos de los elementos convencionales, sino basadas en los factores y en los parámetros básicos.

BIBLIOGRAFÍA

- JANSÁ, J.M. (1969): *Curso de Climatología*. Madrid. Ins. Nac. Meteorología, 445 pp.
- LINÉS, A. (1990): *Cambios en el Sistema Climático*. Madrid, Ins. Nac. Meteorología, 124 pp.
- LINÉS, A. (1998): “Contribución al concepto de clima”. *Territoris* (Homenaje a J.M. Jansá). pp. 303-213
- MONIN, A.S. (1985): *An introduction to the theory of climate*. Reidel Publishing Co. Dordrecht/Boston/Lancaster/Tokyo.
- PEIXOTO. (1989) Conf. Magistral Sesión Climatología Omm.
- RODRÍGUEZ CAMINO, E., AVISSAR E. (1998): “Comparison of three land-surface schemes with the Fourier sensitivity test (FAST)”, *Tellus*, 50A, 313-32
- THE EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM-RANGE FORECAST (1993). 64 pp. Reading, U.K.

