

FENOMENOS DE RADIACION EN LA ATMOSFERA

REVISION DE LA MONOGRAFIA DE KONDRATYEV

Por G. D. ROBINSON

En 1967 el profesor E. N. Lorenz pronunció la primera conferencia de la OMI en el Quinto Congreso de la OMM y la amplió posteriormente a las dimensiones de una monografía titulada: *Naturaleza y teoría de la Circulación general de la atmósfera*, y que fue publicada por la OMM el mismo año. Se eligió al profesor K. Ya Kondratyev para pronunciar la segunda conferencia OMI en el Congreso de 1971, sobre el tema de *Los fenómenos radiantes en la atmósfera*, cuyo texto, convenientemente ampliado, ha sido publicado ahora con el mismo formato y encuadernación que el de Lorenz. Se ha iniciado así la publicación de una serie de revisiones autorizadas y distinguidas de la Ciencia y, si la calidad de las futuras contribuciones se aproxima a la de estas dos primeras, la OMI quedará bien conmemorada.

Es inevitable establecer alguna comparación inicial entre las dos monografías. La de Lorenz tuvo gran brillantez de estilo, con un tratamiento académicamente elegante; trató de un modo completo, porque pudo definir sus límites, un problema que ha atraído la atención de muchos hombres de gran capacidad intelectual. Puede ser leída placenteramente por cualquier persona a quien gusten los métodos científicos; si no terminase con la expresión «tengo la convicción intuitiva de que se encontrará algún día la explicación de las principales características de la circulación general», el lector podría creer que ya se le había ofrecido esa explicación. En el libro de Kondratyev, por el contrario, no hay desarrollos históricos y no se han hecho esfuerzos para conseguir una presentación elegante del tema. La solución formal de la ecuación de propagación de la radiación en atmósferas homogéneas y estratificadas no es buscada como algo valioso por sí mismo; el interés está siempre en la atmósfera real, con su contenido en polvo, sus capas nubosas y sus casi discontinuidades, en las variaciones en el espacio y el tiempo de las propiedades de la superficie del planeta, y en los detalles de las numerosas pero frecuentemente inadecuadas observaciones. El texto resultante no es fácil de leer; no se abrirá camino, como el de Lorenz, en los departamentos universitarios de Historia y Filosofía de la Ciencia. En un lapso de cuarenta años tendrá, para los meteorólogos de entonces, la misma importancia que, por ejemplo, los capítulos sobre la radiación del libro de Brunt de 1934 tienen para los de hoy. Pero en 1973 es un libro útil para el trabajo, una compilación de datos y una guía para la investigación actual, indispensable para todos los que tienen un interés activo en la física de la atmósfera real del planeta tierra tal como es. Está dividido en cinco capítulos cuyos títulos subrayan el propósito de «examinar los factores de la radiación en la circulación general de la atmósfera con el propósito de atraer la atención sobre los problemas más importantes y no resueltos todavía».

La constante solar

Este es un capítulo relativamente corto, de gran importancia a causa del creciente interés que existe sobre el clima y los cambios climáticos y la posibilidad sugerida por algunos investigadores de que el régimen climático del globo pueda ser muy sensible a pequeños cambios de la intensidad de la radiación solar incidente. El trabajo del propio equipo de Kondratyev en Leningrado ha sido un elemento importante en la revaloración reciente de esta teoría, concentrando nuevamente la atención sobre las posibilidades que ofrece una variación de la *constante* solar, ligada al ciclo de manchas solares, del orden de uno al dos por ciento. La amplitud de esta variación está excesivamente próxima al error de las medidas, pero despierta el interés sobre el trabajo de Abbott y observadores del Instituto Smithsonian, realizado durante los primeros cuarenta años del siglo. Las variaciones que atrajeron la atención de Abbott, consideradas por sus contemporáneos como debidas a las correcciones de la transmisividad atmosférica más que debidas al Sol mismo, son de la misma magnitud que las encontradas recientemente y parecen tener una correlación similar con el ciclo de manchas solares. La coincidencia entre el valor absoluto aceptado actualmente y el propuesto por Abbott en el tercer decenio, es quizá fortuito, a causa de las arbitrariedades introducidas en la equivalencia de patrones e implicadas en la Escala Pirheliométrica Internacional, de 1956. Kondratyev no menciona las medidas fotométricas del Sol, quizá a causa de las dudas que despierta la imprecisión de los patrones físicos fotométricos, pero merece señalarse que el trabajo de Karandikar, a principios del sexto decenio, menospreciado por los meteorólogos de aquel tiempo, está de acuerdo con el valor más pequeño de la constante solar actualmente aceptado. Kondratyev concluye: «...se necesita realizar con urgencia medidas de la constante solar sobre largos períodos de tiempo y medidas directas (con satélites), así como la determinación de la distribución espectral extra-atmosférica de la radiación solar.

Características radiantes de la superficie inferior

Es característico del método pragmático de Kondratyev que analice a continuación este problema. La superficie inferior, más bien que la atmósfera gaseosa, es el lugar en que se producen las principales transformaciones y reflexiones de la energía de radiación (las nubes son consideradas como formando parte de la *superficie inferior*). Debemos, por lo tanto, dar prioridad al estudio de sus propiedades, aun cuando haya una oportunidad relativamente pequeña para desplegar la virtuosidad académica. Este capítulo contiene 31 tablas y una bibliografía de tres páginas y media referentes, la mayoría de ellas, a observaciones del albedo y a la emisividad de superficies particulares. Se subraya la importancia de la emisividad de las nubes, en especial las propiedades radiantes de los cirros. La propia conclusión del autor es: «Tendrá que realizarse un vasto programa de investigaciones experimentales y de estudios teóricos antes de considerar adecuada la información obtenida...».

Climatología de la radiación terrestre

La historia de la investigación del balance de energía en el sexto decenio, antes del primer satélite meteorológico, bien merece su estudio. Dines, Simpson, Albrecht, Möller, Fritz, H. G. Houghton, London, entre otros, hicieron estudios notables por su talento, o su habilidad, o por ambas y Budyko extendió y resumió el conjunto en su notable *Atlas of Heat Balance* (Atlas del balance calorífico).

Kondratyev, simplemente, no tiene tiempo de revisar esta historia: él tiene la tarea de explicar la eficacia de los satélites para la observación de la radiación solar reflejada y la terrestre emergente y de exponer las razones por las cuales aquéllos no han sido aprovechados totalmente. Las dificultades de la geometría esférica, las escalas de las heterogeneidades atmosféricas, las variaciones diurnas de la extensión de la capa nubosa y de la temperatura del suelo son expuestas, con ejemplos tomados de las observaciones de los satélites rusos y norteamericanos. Este es un resumen muy valioso de los avances realizados en los últimos diez años; de la lectura de él resulta evidente que no debemos utilizar con demasiada precipitación los valores del albedo mundial deducidos de las medidas hechas con satélites casi polares, de órbita sincrónica con el Sol, a pesar de que dichas medidas puedan presentar una coherencia interna. El problema del muestreo no ha sido resuelto aún y la valoración adecuada de los albedos global y regional exigirá probablemente series prolongadas de medidas, efectuadas con dos o tres satélites, situados en órbitas diferentes. En palabras del autor: «Debe subrayarse, en conclusión, que los datos sobre la climatología del balance de radiación de la Tierra son, en la actualidad, un tanto contradictorios. Es pues, muy necesario, aumentar el número de observaciones y la precisión de las medidas».

Aerosoles atmosféricos y su influencia en la transmisión de la radiación

R. Whytlaw Gray, que fue el primero que usó la palabra, insistía en que un *aerosol* era el sistema formado por el gas y los suspensoides contenidos en él. Aquí se usa en el sentido moderno, menos riguroso, que se refiere sólo a los «suspensoides». Si, como lógicamente deberíamos hacer, incluimos a los hidrometeoros en la categoría de los *aerosoles*, debemos estar de acuerdo con las palabras iniciales de Kondratyev: «El problema más importante (y al mismo tiempo el más difícil) al investigar el papel de los factores de la radiación en la circulación atmosférica general, es el de la influencia de los aerosoles en la propagación de la radiación». Si excluimos las nubes, como hace Kondratyev después de esta fase inicial, parece razonable reemplazar la palabra *importante* por la de *insoluble*; al revés que las nubes, la concentración de partículas de la atmósfera no está relacionada directamente con su dinámica y es difícil ver cómo, aún en principio, puede incorporarse a los modelos de diagnóstico y predicción a gran escala. La carga y distribución de aerosoles depende en gran parte de las actividades del hombre y la observación demuestra que tienen una gran influencia en el campo de la radiación, hecho que explica el reciente interés despertado por el tema. La mayor parte del capítulo de Kondratyev se refiere a las observaciones efectuadas principalmente con instrumentos transportados por globos, de los flujos de radiación

solar y terrestre, ascendente y descendente, así como a la necesidad de invocar las propiedades de los aerosoles para explicar aquéllos. Su propio grupo de Leningrado es uno de los mayores investigadores en este campo; se hace alguna mención al cálculo de los efectos de los aerosoles, pero no se insiste en los métodos modernos de calcular la propagación de la radiación en medios ópticos espesos con dispersores de Mie. Este capítulo no termina con una petición explícita de investigaciones ulteriores, pero hay una clara indicación de la extensión de las actividades actuales: de las 155 referencias mencionadas, 104 fueron publicadas después de 1968.

Radiación, régimen térmico y dinámica de la atmósfera

Más de la tercera parte de la monografía está dedicada a este capítulo. El autor se permite hacer una selección más personal de los temas que en los anteriores capítulos y su propio interés puede explicar la importancia dada al análisis del papel desempeñado por la radiación en la estructura y balance calorífico de la capas inferiores de la atmósfera, y de los intentos fallidos de construir un método, tal como el de la bola negra de Gergen, para observar directamente la divergencia del flujo de radiación. Más de la mitad del capítulo está consagrado, no obstante, el problema central de la radiación terrestre: el cálculo de la velocidad de calentamiento en una atmósfera nubosa y el problema de incluir eficazmente estos cálculos en los modelos empleados para la previsión meteorológica, la investigación de la circulación general y la teoría del clima. Hay una mención breve de la parte de la atmósfera situada por encima de los 30 kilómetros y del papel desempeñado por la transmisión de la radiación en los movimientos desarrollados a escala media en las ondas acústicas.

Se bosquejan los métodos empleados en cada uno de los modelos de la gran circulación general actualmente usados y los problemas de la comprensión del mecanismo de las variaciones del clima son aclarados, subrayando el requisito «... de describir correctamente el fenómeno de la formación de nubes, en su dependencia mutua con el campo de radiación». No debemos confiar en hacer deducciones de los cambios de clima con un modelo en el cual hayamos introducido el clima actual. El capítulo termina de un modo curiosamente no resuelto, en correspondencia con el estado actual del tema, pero hay un breve epílogo. A la terminación del trabajo recordamos a Lorenz y a la primera Conferencia de la OMI. Kondratyev cree que la solución al problema central de su tema será encontrado «en un futuro no demasiado distante». Por el contrario, Lorenz pensaba que sería «quizá» explicado en el futuro. ¿Hay algún fundamento para estas manifestaciones de fe? ¿No pueden algunos problemas, con este grado de complejidad, ser en cierto sentido insolubles o inexplicables?

Para terminar debemos mencionar el elevadísimo nivel de redacción de este volumen. Es una sorpresa, para cualquiera que ha conocido a Kondratyev solamente fuera de su propio país, hablando y escribiendo en lenguas que no son la suya materna, comprobar que ha escrito el libro en ruso, para su traducción por otros. Esta traducción está maravillosamente bien hecha: hay muy pocos lugares en que uno pueda sospechar que el texto no fue escrito por un científico nacido en un país anglófono.

Los esfuerzos del traductor son análogos a los del editor, del impresor y del corrector de pruebas: El revisor debe admitir no haber observado ningún error tipográfico en un ejemplar con más de doscientas páginas de literatura técnica y matemática.

CENTENARIO DEL INSTITUTO SUECO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

El Instituto Sueco de Meteorología e Hidrología celebró el centenario de su fundación el día 14 de mayo de 1973. El acto oficial de esta celebración tuvo lugar en el edificio del antiguo Parlamento de Estocolmo (*Riksdagshuset*).

El director del Instituto, Dr. Alf Nyberg, hizo una revisión histórica de las actividades meteorológicas e hidrológicas de su país, refiriéndose tanto a la cooperación a nivel internacional como entre el Instituto y otros organismos suecos gubernamentales y de carácter privado, y también entre la dirección y el personal del Instituto. Hizo notar que, en los primeros años del siglo XVIII, ya se habían iniciado observaciones meteorológicas sistemáticas en los observatorios astronómicos de Uppsala y Lund, y que desde 1756 ha existido una estación permanente en Estocolmo para la observación de la temperatura a la que siguió, en 1858, el establecimiento de diversas estaciones en otros lugares del país, el Instituto nacional no se fundó hasta el año 1873.

Suecia ha participado muy activamente en la Organización Meteorológica Mundial. El profesor H. H. Hildebrandsson, director del Observatorio Meteorológico de Uppsala desde 1874 a 1907 y uno de los promotores del Servicio Meteorológico Sueco, fue miembro del Comité Meteorológico Internacional desde 1891 hasta 1907 y su secretario de 1900 al 1907. Formó también parte de un reducido Comité creado para la clasificación de las nubes, y no sólo propuso la creación de una amplia secretaría sino que creía también que un organismo meteorológico único debería atender a todos los países.

El Dr. Nyberg hizo referencia a las contribuciones a la ciencia meteorológica y a la cooperación internacional, hechas en el pasado por antiguos funcionarios del Instituto. Entre ellos figuran J. W. Sandström, colega del profesor Vilhelm Bjerknes, en la época en la que éste fue profesor de la *Högskola* de Estocolmo; el Dr. Anders Angström, experto en climatología y especialmente en radiación solar y terrestre, y director del Instituto durante varios años; el profesor Tor Bergeron, uno de los fundadores de la *Bergen School*, y el profesor Carl Gustaf Rossby muy conocido, entre otros, por su trabajo sobre ondas planetarias largas y sobre el modelo barotrópico para la predicción numérica del tiempo. A los tres últimos de los anteriormente citados les fue otorgado el Premio de la OMI, creado para premiar la prestación de servicios extraordinarios a la meteorología internacional.