

MODELOS CLIMÁTICOS Y SUS RESULTADOS. APLICACIÓN A LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

A. LINÉS

Asociación Meteorológica Española

ANTECEDENTES

El cambio climático, y en particular el calentamiento global de la atmósfera, en poco tiempo ha pasado de ser un tema académico a uno de los desafíos del mundo actual. La posibilidad de un progresivo calentamiento terrestre no es tema de hoy; en 1827 Fourier, en un famoso trabajo, comparaba la atmósfera con un vidrio transparente que tapara una caja expuesta al Sol, con una clara alusión al efecto invernadero. En 1898 Arrhenius relacionó posibles cambios del clima con la proporción de dióxido de carbono atmosférico y en 1938 Callendar planteaba por primera vez la incidencia en el clima del consumo de combustibles fósiles y estimaba un posible aumento de las temperaturas de 0,03 °C por década. Esta formulación quedó deslucida porque entre 1940 y 1960 descendió 0,2 °C la temperatura global, tal vez por la guerra mundial y la crisis industrial subsiguiente.

El seguimiento de la proporción del dióxido de carbono a partir de 1957 en Mauna Loa y posteriormente en otras estaciones, la obsolescencia de las ideas que preconizaban un enfriamiento global, y, sobre todo, el hecho de que se observara un crecimiento anual de una a dos partes por millón y con tendencia al alza, en la proporción del dióxido de carbono, actualizaron las ideas de Callendar.

EFFECTO INVERNADERO: DUPLICACIÓN EQUIVALENTE DEL CO₂

La evidencia del efecto invernadero en la atmósfera y los datos relativos al imparable crecimiento del dióxido de carbono, sobre todo en los años setenta, preocupó seriamente a la comunidad científica internacional y se propuso evaluar los efectos en la atmósfera al alcanzarse la llamada «duplicación equivalente» del CO₂, es decir, una proporción de gases con efecto invernadero (CO₂, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, halocarbonos, etc.) que surtiera los mismos efectos de calentamiento atmosférico que una proporción doble de la existente, de dióxido de carbono, en la era preindustrial.

Por entonces se ensayaron los primeros modelos climáticos con que se pretendía evaluar el impacto de los gases con efecto invernadero en las temperaturas. En los modelos unidimensionales se trataba de relacionar variables directamente mediante sencillos algoritmos, de gran imprecisión, entre otras varias razones por no poder considerarse los efectos de realimentación. Muy pronto se advierte que los modelos de circulación, tan empleados en la previsión diaria del tiempo, podrían ser de utilidad para la predicción del clima mediante adecuados mecanismos de reiteración y si en ellos se introdujeran las variables perturbadoras. Ya en los comienzos de los años ochenta se ensayaron varios modelos multibidimensionales, pero se vió que no aportaban la exactitud mínima requerida. Sólo al lograrse los modelos de circulación tridimensionales se abordó el problema de evaluar los efectos de la duplicación equivalente del dióxido de carbono. Tal cosa se hizo en la Conferencia de Villach, en 1985, y su declaración ha sido el punto de partida para los trabajos de cierto rigor científico en materia del calentamiento global atmosférico.

En la declaración final de dicha conferencia, entre otros extremos, se dijo: «Como resultado de la creciente concentración de gases con efecto invernadero, en la primera mitad del siglo próximo podrá ocurrir una elevación global de la temperatura media mayor que cualquiera otra en la historia del hombre [...] En fecha tan próxima como el año 2030 [...] con un caldeoamiento entre 1,5 °C y 4,5 °C. El efecto térmico podría ser retrasado en una o dos décadas, debido a la gran capacidad de calor por parte de las capas superiores de las masas oceánicas. El calentamiento se estima que llevaría a una elevación global del nivel del mar comprendida entre 20 y 140 cm.»

EL PANEL INTERGUBERNAMENTAL PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

La creación del IPCC, a iniciativa de la OMM y del PNUMA, en 1988, impulsó notablemente los estudios sobre el cambio climático y el caldeoamiento global en particular. El IPCC presentó un primer informe en la II Conferencia Mundial del Clima, en 1990, y posteriormente en 1992 y muy recientemente, en este mismo año, ha publicado anexos que actualizan su informe inicial.

En líneas generales, no se modifican en lo esencial las conclusiones de Villach. Se cambia la metodología al hablar de escenarios en vez de fechas del siglo próximo; el escenario más simple es aquel en el que todo sigue igual que hasta ahora (BaU), y en el cual se ratifica Villach en lo relativo a temperaturas y se hace más precisa la evaluación de la subida del nivel del mar.

MODELOS CLIMÁTICOS EMPLEADOS POR EL IPCC

El IPCC señala como herramienta mejor para estudiar los cambios climáticos, los modelos de circulación general (GCM), basados en leyes físicas de la atmósfera y en la parametrización de procesos, tales como movimientos de las masas de aire, formación de la nubosidad, efectos del océano y otros varios. Los modelos se

hacen «rodar» décadas, es decir, se hace correr la variable tiempo durante períodos de años y los resultados son sintetizados estadísticamente y por otros métodos. Es importante que en el modelo refleje fielmente la interacción entre la atmósfera y el océano. En el modelo se introducen varios escenarios de emisiones de gases y de aerosoles, y se evalúa el efecto en la temperatura.

El IPCC ha confirmado el aumento medio de las temperaturas establecido en Villach para la duplicación equivalente del CO_2 , si bien hay que señalar una ligera disminución en las últimas estimaciones del IPCC. La fecha de alcanzar tal duplicación es función del escenario empleado; si las cosas siguen como hasta ahora (escenario BaU), sería hacia el 2030, y con políticas crecientemente restrictivas podría retrasarse hasta el año 2100. El incremento de la temperatura sería mucho mayor en las zonas polares que en las ecuatoriales, donde apenas alcanzaría $1\text{ }^\circ\text{C}$, y notaría un mayor aumento de las mínimas que de las máximas. Este proceso que denominamos *caldeamiento asimétrico* obedece a diversas causas, tales como la nubosidad, los efectos urbanos y al hecho de que las mínimas rigurosas se producen con una delgada inversión junto al suelo, mientras que las máximas muy elevadas requieren caldear por convección un importante espesor de aire.

Un incremento en la temperatura media de la Tierra de $2\text{ }^\circ\text{C}$ a $1,5\text{ }^\circ\text{C}$ no tendría precedente en la historia del hombre y daría lugar a importantes cambios en la circulación general atmosférica y en la distribución de las precipitaciones. Existen incertidumbres en la cuantificación de la elevación del nivel del mar; será debida sobre todo a la expansión de las aguas, más que a la fusión de hielos. Una elevación global que se aproximara a un metro, causaría enormes daños en muy extensas áreas del globo.

Son inciertos aspectos tales como el papel de las aguas profundas, la nubosidad y los volcanes, ya que los aerosoles lanzados masivamente por un intenso periodo volcánico, mitigarían el caldeamiento de la Tierra.

Los modelos climáticos se han validado por diversos métodos; aplicados a las condiciones climáticas de la era preindustrial, han confirmado las condiciones existentes en la actualidad. En el siglo presente las temperaturas medias se han incrementado unas seis décimas de grado, y aunque ello es acorde con los modelos, no hay absoluta certeza de que dicho incremento sea debido al efecto invernadero, puesto que calentamientos de ese orden pueden ser debidos a causas naturales. Sin embargo, los últimos refinamientos introducidos en los modelos climáticos dejan pocas dudas acerca de la validez de los modelos.

EFFECTOS EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

Los modelos empleados por el IPCC todavía no tienen una resolución suficiente como para detallar los efectos a pequeña escala; a escala media hay que admitirlos con alguna reserva. En cuanto a la región mediterránea, y según recoge el Informe de España para la convección sobre el cambio climático, cabría esperar un aumento de la temperatura media anual superior a los $2\text{ }^\circ\text{C}$ en los dos tercios orientales de la Península, y un calentamiento en invierno de 1 a $2\text{ }^\circ\text{C}$. Se prevé un

descenso de la precipitación anual tal vez en torno al 10 % y un pequeño incremento de la invernal en el noreste peninsular.

Posiblemente, en nuestras latitudes el incremento térmico origine una mayor frecuencia de episodios meteorológicos violentos y, en general, importante impacto en la agricultura, recursos hídricos, costas, energía e industria.

BIBLIOGRAFÍA

IPCC. Cambio climático, 1990, suplemento de 1992, 1994 y 1995.

Informe de España a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (MOPU, 1994).

KONDRATYEV *et al.* *Global Climate change in the context of global eodynamics. Geofísica Inter.* Vol. 33, 1994.

LINÉS, A. *Cambios en el sistema climático.* 1990.

LINÉS *et al.* *Efecto invernadero. Realidades y políticas frente a un posible cambio climático.* Instituto de Ingeniería, 1994.