

## Clima y cambio climático

Alberto Linés Escardó  
Meteorólogo. Dr. en Ciencias Físicas

NOTA PRELIMINAR: Este trabajo apareció en el “Seminario sobre Zonas Áridas en España”, celebrado en Madrid los días 28 y 29 de marzo de 1989. Publicación de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid 1989.

*Etimológicamente, clima significa inclinación, lo que alude a la inclinación del eje de la Tierra sobre la eclíptica. Otra definición rigurosa es algo difícil de dar.*



La OMM (Organización Meteorológica Mundial) en realidad, ha proporcionado más de una. Durante tiempo se ha aceptado la clásica que aparece en la Guía de Prácticas de Climatología de la OMM:

"Clima 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".

Las primeras definiciones del clima se refirieron frecuentemente como a un estado medio de la atmósfera. Así, Hann definió el clima como conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie de la Tierra; para Monn, el clima es un estado medio de los elementos meteorológicos en un lugar, y las variaciones ordinarias diurnas y anuales de los mismos.

Existen otras definiciones, entre la que puede citarse la de Contrera Arias, geógrafo español: "Clima es el conjunto de características que definen el estado más frecuente de la atmósfera y la distribución de los fenómenos meteorológicos, a través del año, en un lugar de la superficie de la Tierra".

En definiciones más recientes, los criterios puramente geográficos se van dejando a un lado, pesando más los criterios biológicos. Thornthwaite presentó esta definición en una sesión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial: "Clima es la integración de los factores meteorológicos y climáticos que concurren para dar a una región su carácter y su individualidad". En cierto modo, al decir factores climáticos, implícitamente se incluye lo definido en la definición.

El belga Poncelet definía como clima el conjunto fluctuante de elementos físicos, químicos y biológicos que caracterizan a la atmósfera en un lugar y su influencia sobre los seres vivos.

Cualquiera de ellas nos resulta claramente insuficiente para descifrar la identidad de concepto de clima. Todas, como se ha dicho, se apoyan en conceptos estadísticos, y la Estadística es de enorme valor a la hora de analizar los procesos climáticos, pero como indica Jansá, la Climatología va mucho más allá de una Estadigrafía. (1)

El tiempo atmosférico es algo cambiante y nuevo a la vez cada día. No hay dos estados de la atmósfera idénticos; tampoco sus imágenes, que son los mapas del tiempo. No existen dos días en que se repitan a cierta escala los parámetros meteorológicos. La atmósfera cada día tiene una fisonomía distinta. Podemos postular que no hay dos situaciones atmosféricas iguales, ya que si tal postulado fallara, se repetirían las situaciones, habría rigurosa periodicidad y el problema del pronóstico del tiempo se habría resuelto.

Pero a la vez, y esta es la gran paradoja, los estados atmosféricos, aunque son diferentes, en un mismo lugar y en fechas similares, presentan notables analogías. El tiempo atmosférico a veces es simultáneamente distinto y semejante de unos días a otros. En verano sobre todo, los días se repiten con monótona similitud en nuestras latitudes. En el Trópico la semejanza es aún más profunda y durante lapsos más extensos que en las latitudes templadas.

Podríamos decir que el clima de un área determinada es lo que allí tiene de permanente el tiempo atmosférico; lo que queda, tras de las continuas alteraciones y fluctuaciones atmosféricas, unas veces más acusadas que otras. Una determinada zona de la superficie terrestre está continuamente afectada por la atmósfera y sus cambios; batida o no por vientos, sometida a la radiación y la irradiación; regada por la lluvia o desecada por el sol según las ocasiones; lo perdurable en esa interacción suelo atmósfera, es el clima del lugar.

Cuando se aborda el estudio del clima, nos encontramos con que hay que distinguir sus factores, que son características geofísicas que condicionan de un modo preponderante el clima de cada lugar; latitud, altitud, continentalidad, orientación, naturaleza del suelo y vegetación. Hay que distinguir también lo que son elementos del clima, que vienen a ser aquellos componentes en que, para su estudio, suele dividirse el clima, tales como humedad, visibilidad, radiación solar, temperatura, precipitación, viento, presión, nubosidad y otros. Sin embargo, el estudio del clima no puede ser la enumeración de unos cuantos valores que puedan tomar sus elementos.

Cualquier definición de clima, debería contemplar básicamente el hecho de que la fisonomía de la atmósfera, sus características físicas, su variación estacional, y los

valores de parámetros tales como la temperatura, la precipitación, la nubosidad y el viento, por citar algunos, deben ser resultantes de las interacciones del sistema atmósfera, suelo y mares, sistema alimentado por la radiación solar. En la medida en que evaluemos esas interacciones, estudiemos la descripción de los procesos físicos involucrados, y mejor si podemos modelizarlos, estaremos desarrollando la Climatología. Tal vez el resultado de este razonamiento es que sabemos lo que es la Climatología, pero no sabemos lo que es el clima. No debería alarmarnos esta aparente paradoja que, por otra parte, se da en muchos aspectos de la vida. Todos sabemos lo que es una clínica de oncología, pero no sabemos lo que es el cáncer.

En cualquier caso, la idea del clima de un lugar, definido por los valores medios de unos parámetros meteorológicos, incluida su variación vertical, no pasa de ser una idea unidimensional del clima. Tales valores están profundamente influidos por los circundantes, y éstos por otros más lejanos. Así, podemos intuir el clima como algo multidimensional, íntimamente ligado con la circulación general atmosférica. Para la búsqueda de instrumentos de modelización climática se emplean modelos de circulación.

Si profundizamos un poco más, y tratáramos de encontrar una formulación climática, lo más independiente posible del tiempo la independencia total no existe encontraríamos que el camino debería hallarse en el estudio y análisis objetivo de lo que hemos llamado factores del clima. Los elementos deberían ser una resultante de la formulación. Tal cosa no parece de momento sencilla, por lo que nos hemos de contentar con una evaluación estadística de los elementos del clima.

## **Cambio Climático**

Hasta no hace mucho, el clima era considerado como algo estático, excepto quizá, a escalas cuasi geológicas. Es natural que la Climatología se considerara como la rama fósil de la Meteorología; como dice Lamb, no tenía "appeal" (2). Sin embargo, estas ideas han sido afortunadamente alejadas, y hoy el clima es considerado como algo dinámico, y basta examinar las tablas climatológicas de cualquier estación, para comprobar tal cosa.

En buena parte, el interés actual por el conocimiento de las ciencias del clima, está relacionado con la gran preocupación existente por el cambio climático. El tema está hoy no sólo en los ambientes científicos; también en la calle, en la opinión pública.

Al tratar del cambio climático, como apuntan Berknev y Marshall (3) (El Planeta Amenazado, Cap. 3) hay dos puntos de vista muy diferentes: los que ven la evolución de la atmósfera como un paseo por el lecho de un valle, con ocasionales excursiones a las laderas, pero regresando rápidamente a las condiciones estables del fondo del valle, y los que ven una travesía de montaña, balanceándose en una estrecha región estable, con un pie cerca del abismo, pero evitándolo. El solo hecho de que existan estas dos posiciones, con sus seguidores y sus detractores, nos permite suponer que se trata de un tema que dista de quedar esclarecido. Hay, no obstante, un punto muy inquietante aún en las posturas más optimistas: los tiempos de respuestas de los ecosistemas para los cambios climáticos, No resulta demasiado confortadora para las próximas generaciones la idea de que un deterioro climático galopante, por ejemplo en un siglo, y que arruinara

a extensas áreas terrestres, pudiera quedar perfectamente corregido y subsanado, marchando las cosas bien, en los siguientes 200.000 años.

Tema de especial preocupación es por tanto la posible rapidez de los cambios actuales. Los procesos de interacción suelo océano atmósfera pueden quedar modificados, con cierta rapidez, por los acelerados cambios inducidos por el hombre. El suelo ha sido extensamente alterado por las roturaciones de tierras para el cultivo, por deforestación y por creación de áreas urbanas; estos dos últimos procesos han sido muy intensos en el último siglo y es de suponer que el albedo de la superficie terrestre ha quedado profundamente modificado.' En cuanto a los océanos, la presencia superficial de capas de grasa y otros contaminantes ha alterado los mecanismos de evaporación y de reflexión de la radiación solar. Por supuesto, también la atmósfera experimenta continuas alteraciones de índole antropogénica. Actualmente hay numerosas sustancias que antes no estuvieron presentes en la atmósfera y la proporción de otros componentes, como el CO<sub>2</sub>, se mantiene a ritmo creciente como nos referiremos más adelante.

Todo ello contribuye al concepto dinámico del clima, que apoya a la idea de cambio como inseparable del clima. Y a la vez puede conducir a una dicotomía conceptual: cambio climático natural y cambio climático artificial, entendiéndose por éste el inducido por causas antropogénicas. Para algunos, y no sin cierta razón, la diferenciación no tiene sentido, puesto que el hombre forma parte del ecosistema y está integrado en el mismo. Tal vez por ello al hablar de cambio climático fuera preferible hablar de causas antropogénicas y causas distintas de las antropogénicas.

En la literatura sobre el tema, aparece en forma clara una honda inquietud por las causas no antropogénicas en el segundo tercio del presente siglo. Por entonces estuvieron en pleno auge, aún hoy vigente, las sugestivas y sólidas teorías de Milankovich, acerca de la incidencia de factores astronómicos en el clima terrestre; las teorías sobre la influencia de la variación de la actividad solar, de gran actualidad cuando en 1947 el número de manchas solares alcanzó el máximo valor de los últimos siglos. Por los mismos años, se profundizó en los estudios sobre las glaciaciones, no todavía suficientemente explicadas y se admitía hasta los comienzos del próximo siglo una fase de pequeña glaciación.

En 1948 se convoca en Londres una conferencia científica para el estudio del cambio climático; preocupaba la tendencia hacia inviernos muy fríos. Ello parecía tener cierta confirmación en la serie de inviernos rigurosos en amplias áreas del hemisferio norte.

Y en efecto, entre las décadas de los años cuarenta a los setenta la temperatura media, al menos en Europa, descendió unas tres décimas de grado. En España hubo años con inviernos extraordinariamente rigurosos: 1938, 1941 y 1956 y con irregularidades, 1962.

Así como en materia de temperaturas hubo una opinión hacia hipótesis de temperaturas a la baja, en materia de precipitación no hubo teorías admitidas, siquiera con mediana aceptación. Prevalcieron las ideas acerca de las grandes oscilaciones, que podían dar cabida a toda clase de episodios climatológicos. Y es cierto que al menos en nuestra área geográfica, tales oscilaciones las hubo en materia de precipitaciones: desde las implacables sequías de mediados de los cuarenta y de los cincuenta a los excepcionales años pluviométricos de los comienzos de los sesenta.

Habría que señalar el hecho de que, a años muy secos en unas áreas correspondían en otras, a veces no distantes, años muy húmedos. Entre los climatólogos, preocupa entonces el concepto de fluctuación y las polémicas se centran en cuándo se puede hablar de fluctuación y cuándo de cambio climático.

## **Tendencia al caldeoamiento atmosférico**

Todos estos planteamientos experimentan una profunda revisión entrados los años setenta. Por una parte, las estaciones de vigilancia de la contaminación de fondo atmosférica, iniciadas a partir del decenio hidrológico, ofrecen ya series de datos confiables. En la comunidad científica se presta atención creciente a los cambios atmosféricos inducidos por causas antropogénicas y a escala mundial comienza a percibirse algo que pudiéramos llamar, una pulsación cálida; se habla menos de la pequeña glaciación. Hay no obstante, un corto periodo de retroceso térmico, que coincide con enormes erupciones volcánicas.

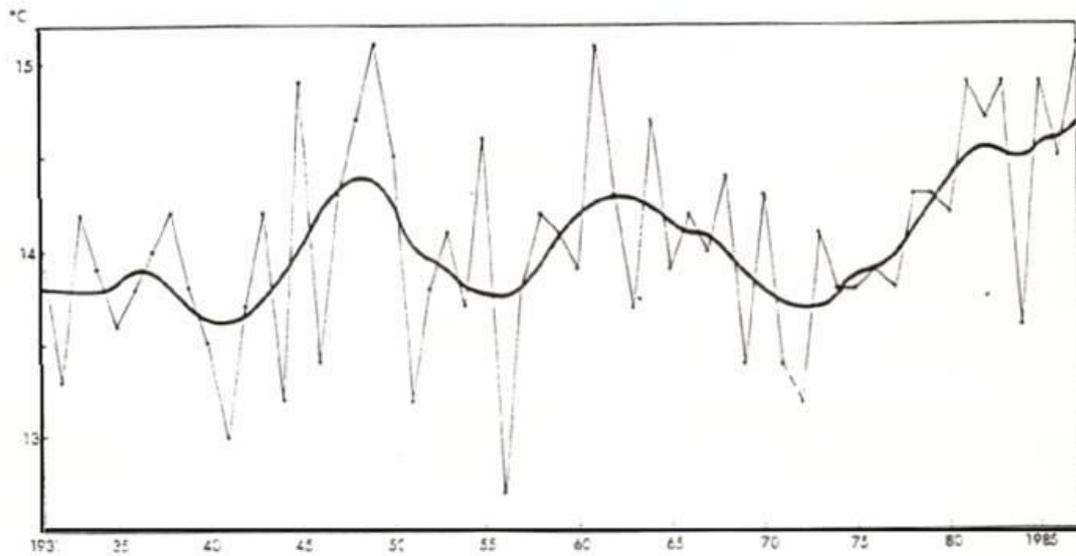
Al acercarse a los años ochenta, se extiende a escala mundial, una creciente preocupación por la acción de los gases traza en la atmósfera, principalmente por la progresiva proporción del dióxido de carbono. Uno de los grandes propagadores de esta inquietud es Budiko, jefe del Observatorio Geofísico de Leningrado, (4) autor de "Clima de la Tierra, presente y futuro"; su traducción al inglés en 1982, es un tratado ya clásico.

Con un breve paréntesis durante la grave crisis energética de los años 1979-80, las extrapolaciones del crecimiento del CO<sub>2</sub> ofrecían un panorama desolador para el siglo XXI por el efecto invernadero, inducido por un incremento galopante del dióxido de carbono. Es precisamente en estos años cuando verdaderamente despierta preocupación el cambio climático. La OMM promueve el Programa Mundial del Clima. En 1971 en una conferencia en Estocolmo es presentado el informe "Study of Man's Impacte on clima" (SMIC) elaborado en 1971 y que será decisivo para que la ONU cree el UNEP (United Nations Environmental Program). Los especialistas se dedican de lleno al tema, bien en trabajos desarrollados en Instituciones especializadas, bien a través de reuniones científicas, que culminan en 1979 en la 1 Conferencia Mundial del Clima.

Se plantea si puede pronosticarse el cambio climático. Es muy instructiva la respuesta de W. Kellog: "Nosotros todavía no podemos predecir los cambios naturales del clima, ni quizá lo que vaya a pasar más allá de un par de meses, pero probablemente estemos en condiciones de predecir los efectos de las actividades humanas en algunos de los factores de los sistemas climáticos". (5)

Cabría preguntarse cuál es el comportamiento termométrico de la atmósfera. En realidad el problema está en poder diferenciar la señal del ruido, ya que son relativamente cortas nuestras series de temperatura.

Aun así, no puede negarse, por vía de ejemplo, en las series de Madrid (Retiro) una tendencia al alza. En la figura 1 se muestra las temperaturas medias anuales y los promedios móviles a 5 años. En la figura 2, las temperaturas medias desviaciones acumuladas en el periodo 1901 1987, para filtros de 5 a 10 años. (6)



**Fig. 1 MADRID RETIRO (Temperaturas medias anuales) 1931-1987. Longitud del filtro = 5 años**

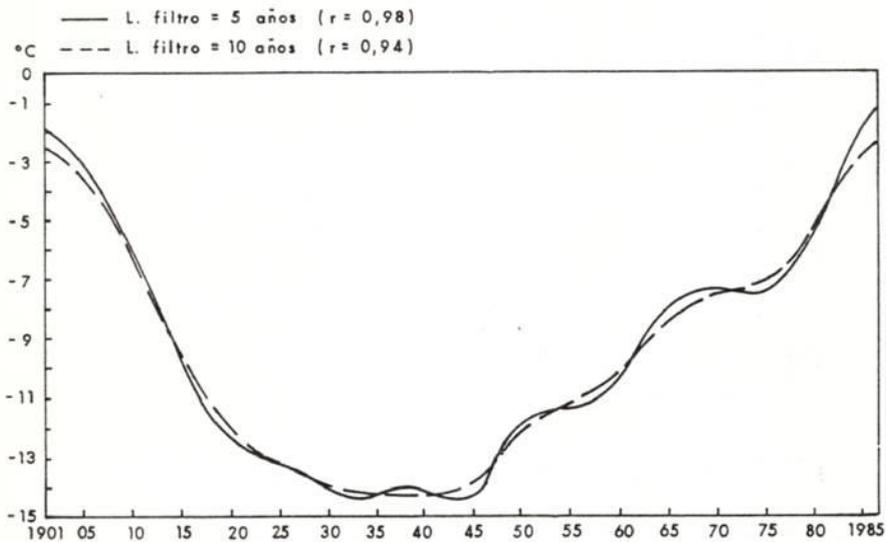
A escala planetaria, según datos provisionales, el bienio 1987-88 ha sido el más cálido del siglo, con ligero aumento de la temperatura del 1988 sobre el año precedente. Insistimos no obstante, en que dos años es un plazo corto para evaluar tendencias en series climatológicas.

### **Preocupación por el efecto invernadero**

De los temas actualmente planteados con relación al cambio climático el efecto invernadero ocupa atención preferente.

Como es sabido, el dióxido de carbono es capaz de retener determinadas radiaciones de onda larga emitidas por la Tierra y que potencialmente podrían ser eliminadas por difusión en el espacio exterior. Esta absorción provoca un caldeoamiento de la atmósfera terrestre, que por analogía, es denominado efecto invernadero. El dióxido de carbono no es el único gas de efecto invernadero; también el vapor de agua y varios gases traza, tales como el metano, el ozono troposférico, los clorofluorometanos y otros.

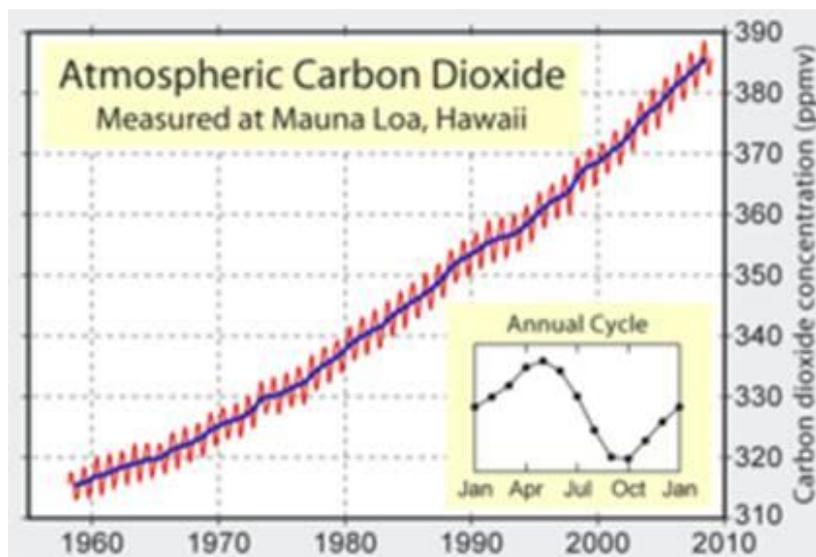
Medidas fiables de] contenido medio del CO<sub>2</sub> en la atmósfera se iniciaron en Mauna Loa en 1957. Actualmente también se realizan en Barrow (Alaska), Tasmania, Samoa, Polo Sur, Alerta (Canadá) y en Izaña (Tenerife). La proporción actual es próxima a 350 partes por millón; a lo largo del año, en invierno crece algo más de tres partes y en verano disminuye más de una parte, con lo que el incremento anual viene a ser entre una y dos partes. En los años de agudas crisis energéticas, el incremento disminuyó ligeramente.



**Fig. 2. MADRID (Temperaturas medias Desviaciones acumuladas) 1901-1987.**

El ciclo del carbono está íntimamente relacionado con los cambios climáticos. En la época pre industrial, la proporción fue de unas 290 ppm; estimaciones basadas en la evolución de la masa vegetal terrestre permitirían suponer que en los ocho siglos precedentes la proporción pudo ser quizá de unas 20 ppm menos que la actual. (7)

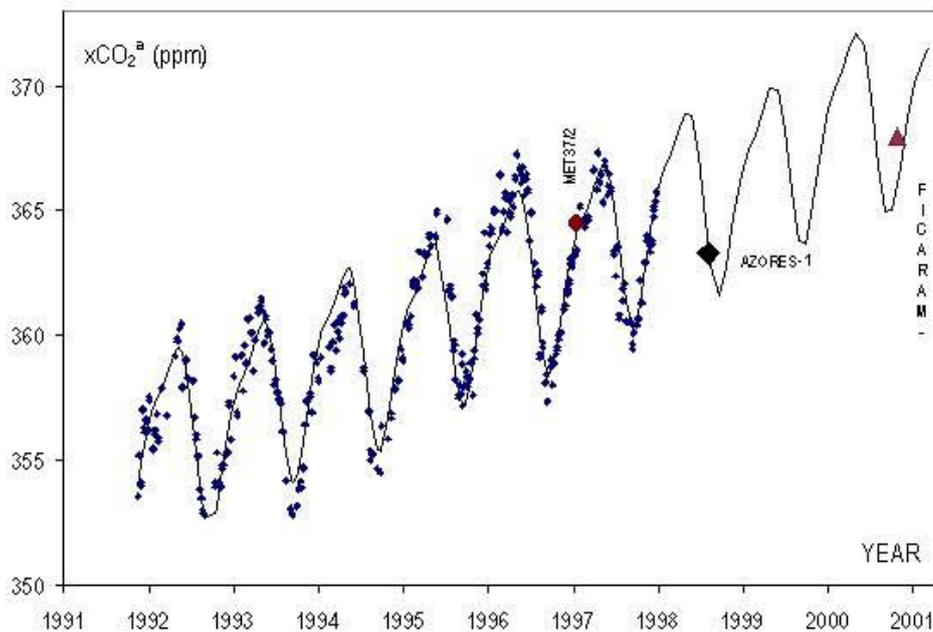
Cualquiera que haga cálculos elementales, combinando el consumo anual de combustibles, que es del orden de los 5.000 millones de Tn anuales, y del incremento del CO<sub>2</sub>, teniendo en cuenta que una ppm equivale a 2,7 gigtons, es decir, 10<sup>15</sup> gramos (8), comprobará que hay sumideros de CO<sub>2</sub> que hoy nos resultan desconocidos. Un sumidero puede ser el océano, bien por simple solución, bien por fotosíntesis que nos resultan desconocidas. En cualquier caso, hay un tema completamente abierto para la investigación.



**Fig. 3. Concentraciones de CO<sub>2</sub> observadas en Mauna Loa (Hawai).  
Figura adaptada a la actualidad (2010).**

## La Conferencia de Villach (Austria) de 1985

Tanto la OMM como el UNEP insistieron en una evaluación de lo que podría suponer para el cambio climático una duplicación del contenido de CO<sub>2</sub>. Por fin, tal evaluación se hizo mediante una conferencia científica, convocada en Villach (Austria) en octubre de 1985. El acuerdo de la conferencia ha sido un punto de partida para la mayoría de los estudios sobre cambio climático. En dicha conferencia se concluyó que, de duplicarse la proporción de CO<sub>2</sub> la temperatura media global de la Tierra se incrementaría entre 1,5 0 C y 4,5 0 C y el nivel de los océanos, entre 20 cm. y 140 cm. (9)



**Fig. 4. Concentraciones de CO<sub>2</sub> observadas en Izaña (Tenerife). Figura actualizada respecto al documento original. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología de Izaña (Tenerife)**

El alza de la temperatura no sería uniforme; mucho más acusada en los polos que en el ecuador. Los veranos serían más secos en las zonas continentales; sin embargo, en cuanto a la distribución global de la precipitación, quedan en el aire varios interrogantes.

Un aumento global de unos dos a tres grados, podría ser el mayor alcanzado desde que el hombre habita la Tierra. En cuanto al crecimiento del nivel de los océanos, sería más a causa de la expresión de las masas marinas, que por fusión generalizada de glaciares, que sería mucho más lenta.

Naturalmente que estas evaluaciones han sido objeto de honda preocupación, por lo cual, tanto a instancias de la OMM, como de la UNEP, se constituyó en noviembre de 1988 el IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático); es decir, el tema del cambio climático, ha salido del ámbito científico y deben ser los gobiernos quienes tomen cartas en el asunto. En la apertura del IPCC, el Secretario General de la OMM dijo que la predicción del caldeoamiento global atmosférico es uno de los desafíos más

importantes de la humanidad para el futuro. En el IPCC ya se trabaja para establecer estrategias frente al cambio, que pueden dividirse en estrategias de control del cambio, y de adaptación al mismo. De esto último, países como Holanda, no quieren ni oír hablar.

No sólo el CO<sub>2</sub> es causante de efecto invernadero; se está prestando atención a otros gases traza, como el metano, cuya proporción crece continuamente. Manantiales de metano son entre otros la ganadería, los arrozales y determinados insectos como las termitas. Queda en el aire el interrogante sobre el tiempo que pueda ser necesario para que se duplique el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera. Siempre que se habla de duplicación, se toma como referencia el nivel pre industrial. Es cierto que, de mantenerse el actual ritmo de crecimiento, sería preciso un tiempo no inferior al siglo. Sin embargo, es presumible que el desarrollo de países potencialmente industriales acelere el crecimiento de tal modo que la duplicación pudiera tener lugar hacia mediados del siglo próximo. En la figura 5 se indican curvas de tendencias del CO<sub>2</sub> según diferentes hipótesis.

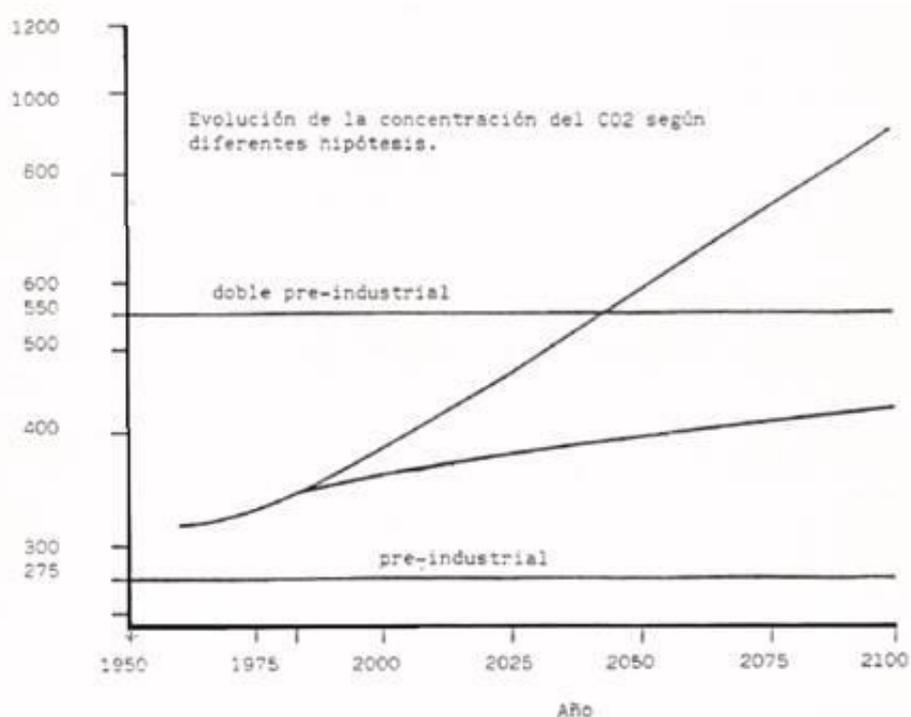


Fig. 5. Concentraciones de CO<sub>2</sub> previstas hasta finales del siglo XXI según los diferentes escenarios que tiene en cuenta el IPCC

## La Conferencia de Toronto

Merece citarse un hecho científico relevante que tuvo lugar en junio de 1988 en Toronto: la Conferencia sobre "La Atmósfera en evolución". Dicha conferencia congregó a 300 especialistas de todo el mundo, y constituyó un éxito, ya que pudo resumir su trabajo en una importante declaración final, de la que podemos resumir estas ideas: (10)

La alteración continua de la atmósfera amenaza la seguridad en el mundo, la economía mundial y el medio ambiente natural por lo siguiente:

1. Caldeamiento global, riesgo de elevación del nivel de los mares y alteración de la configuración de las precipitaciones, por efecto invernadero.
2. Debilitamiento de la ozonósfera.
3. Transporte atmosférico a larga distancia de sustancias tóxicas y acidificantes.

La conferencia se declaró partidaria de un cuadro de medidas, tales como un "Plan de acción para la protección de la atmósfera", que incluiría una Convención Mundial; el establecimiento de un Fondo Mundial para dicha protección y medidas a desarrollar por Gobiernos y el sector privado, tales como la eliminación total de CFC antes del año 2000 y un plan mundial para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20% para el año 2005.

Unos meses después, en Hamburgo, se celebró otra Conferencia, con fines análogos, que terminó en fracaso, ya que se puso de manifiesto el más agudo problema planteado a la hora de protección del clima: el evaluar hasta qué punto la protección puede frenar el desarrollo económico. Además en Hamburgo se evidenció que algunos países de clima frío, ven con buenos ojos el efecto invernadero.

## **La destrucción del ozono estratosférico**

Desde los años 70, se venían observando valores anómalos del ozono estratosférico, principalmente en el Círculo Austral. La OMM envió varios comunicados a los Gobiernos, con poco éxito en la opinión pública mundial, el último el 25 de noviembre de 1981, en los cuales apuntaba, entre otros agentes depredadores, a los CFC. Hizo falta un hecho trivial, para que este tema gozara de gran popularidad mundial: en una reunión sobre el ozono, al examinar los datos, el inglés Farmer exclamó: "¡Se ha producido un agujero en la ozonósfera!" La frase dio la vuelta al planeta y todo el mundo sabe lo que es el agujero de ozono. Sin embargo, hasta muy recientemente no se ha tenido evidencia del papel de los CFC, que al liberar átomos de cloro en la alta atmósfera, se posibilitaba la destrucción del ozono en oxígeno molecular y óxido de cloro.

Los actuales sistemas de observación han permitido conocer el papel de los clorofluorometanos, (11). Estas sustancias, de propiedades ideales como esparcidores y en la industria del frío, han experimentado una multiplicación espectacular de consumo en multitud de procesos industriales. Mediante el Convenio de Viena y posteriormente el Protocolo de Montreal se ha limitado su uso y fabricación, y se intenta su eliminación total hacia el año 2000. Por si fuera poco, los CFC son también agentes del efecto invernadero y además, su vida en la estratosfera, se ha evaluado en unos 70 años.

En las reuniones del IPCC, se han levantado grandes críticas contra el uso de los CFC y se ha propugnado su pronta eliminación del consumo. Sin embargo, hay dudas acerca de si todos los países aceptarán tal eliminación por lo costoso que puede resultar la sustitución.

## **Comentarios finales**

En esta rápida ojeada del estado actual del Cambio Climático, se hacen precisas algunas puntualizaciones para completar la visión del problema.

Ante todo, hay que referirse a la posibilidad de efectos compensadores del efecto invernadero. Acaso el más probable de todos sea la actividad volcánica; las nubes de cenizas estrato esféricas, de gran persistencia, pueden tener un notable efecto reductor de la radiación solar. Otros efectos, tales como disminución de la actividad solar, parecen más problemáticos.

En los actuales estudios del sistema climático mundial, la parte quizá menos estudiada es la relativa al papel de los océanos. El proyecto TOGA tiende a un mejor conocimiento de los mismos en un futuro, pero de momento, se trata de un elemento esencial, no suficientemente conocido. El fenómeno de la oscilación austral, tan insatisfactoriamente explicado, no es más que un botón de muestra.

Otro elemento, igualmente poco estudiado, y que dista de ser modelizado, es el papel del vapor de agua en el efecto invernadero. Aquí ya no se trata de lo que denominamos un gas traza; la proporción del vapor de agua es importante y de hecho aumentará y a la vez que el CO<sub>2</sub> por ser más alta la tensión de saturante al crecer la temperatura media.

Finalmente, un tema de especial preocupación está en posibles gases traza de efectos desconocidos que pudieran tener importancia en procesos catalíticos o de otra índole de entidad análoga en el sistema climático terrestre. El hecho de que haya sumideros de CO<sub>2</sub> que desconocemos, nos priva de adivinar sus mecanismos y de prevenir sus posibles alteraciones.

## **Conclusiones**

El concepto clima tiende a ser revisado, en orden a ser contemplado básicamente como una síntesis de los procesos físicos de interacción entre atmósfera, suelo y en su caso, océano.

Los estudios e investigaciones climatológicas ocuparán un espacio creciente en un futuro. La química de la atmósfera, será algo inseparable de la Climatología.

El cambio climático es una realidad admitida y preocupante para la comunidad científica mundial. Los cambios inducidos por causas antropogénicas pueden ser muy acusados en los próximos decenios. Entre otros hay que citar el calentamiento debido a gases de efecto invernadero, y la destrucción del ozono estratosférico; asimismo, debe señalarse como una causa perjudicial del ecosistema terrestre la lluvia ácida.

Por lo que se refiere al efecto invernadero, hay evaluaciones fiables en cuanto a los efectos térmicos que cabría esperar en caso de la duplicación de la proporción del anhídrido carbónico. Tal duplicación se estima originaría un calentamiento global atmosférico entre 1,5 °C y 4,5 °C; el aumento no sería uniforme y mucho mayor en las zonas polares. No se sabe cuáles serían las consecuencias en los mecanismos de

precipitación. Hay series incógnitas en cuanto al papel del vapor de agua en el efecto invernadero.

Hay un conocimiento insuficiente del papel de los océanos en el sistema climático terrestre.

Deben proseguir las investigaciones en orden a estudiar el papel que puedan jugar los gases traza hoy todavía poco conocidos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. JANSÁ. Climatología. S.M.N. Madrid.
2. H.H. LAMB. The Changing climate. London 1968, Methuen and Co.
3. JOHN GRIBBIN. El Planeta amenazado, cap. 3. Ed. Planeta 1983.
4. M. BUDIÑO. The Earth's Climate: Past and Future. Acad. Press Inc. 1982.
5. W. KELLOG. Climate change, cap. 13. Edited J. Gribbin, Cambridge, Univ. Press 1978.
6. A. GARCIA MENDEZ. Análisis de tendencias de una serie temporal por medio de un filtro digital Low pass (en prensa, INM).
7. A. LINES. Contribution to the study of the desertization in the NW of Africa during the last 400 years. WMO Regional Scientific Conference on GATE, WAMEX and Tropical Meteorology in Africa (Dakar, 1984).
8. A. LINES. Acción del hombre en el clima y contaminación. INM, A 108, Madrid, 1985
9. WMO N° 661. Report of the Int. Conf. on the assessment of the role of carbon dioxide and other greenhouse gases in climate variations and associated impacts. Villach, Austria, 1985.
10. The Changing Atmosphere Implications for global security. Conference Statement. Toronto (Canadá), junio 1988.
11. J. CATALA. Ozonfera y posibles cambios climáticos. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid 1981.