

EFFECTOS DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN EL CLIMA DEL GLOBO - PARTE II

Por W. W. KELLOGG*

La primera parte de este artículo, que fue publicado en el número anterior del Boletín de la OMM (Vol. XXVI, pág. 279), discutía el cambio climático y su predictibilidad, la creciente importancia de la intervención del hombre y, concluía con una perspectiva de la influencia de la humanidad en el clima. Quedan todavía por estudiar dos cuestiones: las consecuencias de un calentamiento de la Tierra y la reducción de los campos de incertidumbre.

Consecuencias de un calentamiento de la Tierra

Duración del período de crecimiento de los vegetales — Se puede hacer una deducción empírica acerca de la duración de las temperaturas medias: así, una elevación de 1 °C en la temperatura media estival prolonga unos diez días la duración del período de crecimiento vegetal. De este modo, hacia el año 2000, cuando la temperatura media anual se haya elevado en su conjunto aproximadamente 1 °C, a una latitud de 60° se habrá elevado unos 2 °C y a una latitud de 70° unos 3 °C, lo que correspondería a un aumento de 20 a 30 días en la duración del período de crecimiento vegetal, en el supuesto, de que la evolución de las temperaturas estivales sigue la de las temperaturas anuales. Hay algunos argumentos de orden general que sugieren el que los cambios en las temperaturas estivales sean ligeramente inferiores a los cambios en las temperaturas invernales por tanto las afirmaciones anteriores sobre la duración del período de crecimiento vegetal pueden ser exageradas, pero es correcta la *dirección* en que efectuará el cambio.

Distribución de las precipitaciones.—Hasta ahora nos hemos ocupado fundamentalmente de la temperatura en la superficie y de la influencia que la humanidad podía tener sobre ella, pero es igualmente importante conocer lo que sucederá con la distribución de las precipitaciones. En efecto, es esto último lo que principalmente determina el que la vegetación sea floreciente en una región y el que se puedan realizar o no cultivos alimenticios.

Como en el caso de la temperatura, la precipitación es función de los sistemas de circulación que puedan traer vapor de agua a una región, así como de los factores regionales que determinan si lloverá o nevará. Por supuesto, tiene que existir una relación entre estos importantes sistemas de circulación y el balance térmico a gran escala (es decir, el gradiente medio de temperatura entre el Ecuador y Polo), ya que ambos miden la actividad de la «máquina térmica atmosférica». Los primeros dan una idea general de la energía cinética del sistema y el segundo es

* El Dr. W. W. Kellogg es un científico jefe en el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (Patrocinado por la Fundación Nacional de Ciencias), Boulder, Colorado. EE. UU.

un índice de la energía térmica disponible para hacerla funcionar. Deseáramos saber más acerca de esta relación.

Los experimentos con modelos de circulación general (MCG) han sido muy instructivos, pero tenemos que reconocer que la capacidad de simular la realidad de un MCG tiene sus límites, en particular cuando se producen sutiles variaciones en los regímenes de precipitaciones estacionales. Pero, a pesar de sus limitaciones, nuestros experimentos con MCG han demostrado muy claramente que, cuando se produce un cambio en la entrada de calor al sistema, el modelo atmosférico responde de una manera extremadamente compleja. Por ejemplo, si aumenta la cantidad total de calor suministrado al sistema se producirá un aumento general de la temperatura media de superficie, pero, algunas se calentarán mucho más que otras, e incluso puede que se produzca un enfriamiento en algunos lugares (Washington, 1972). La atmósfera real se comporta de la misma manera (van Loon y Williams, 1976 a; 1976 b). La misma respuesta compleja se produce en los regímenes de precipitación y, en el curso de un cambio climático pronunciado, podemos esperar que se producirá un aumento de la precipitación en algunas zonas y una disminución en otras.

Otro modo de averiguar cómo sería la Tierra más caliente, es estudiar una época en la que la Tierra hubiese estado más caliente que ahora. Este caso se produjo realmente hace unos 4000 a 8000 años, durante el período denominado «Altitérmico» (conocido también como Hypsotérmico, Atlántico o de Clima Óptimo —¿*óptimo para quién?*), y los paleoclimatólogos están empezando a componer el cuadro de las condiciones que existían entonces, en el alba de la civilización.

Las condiciones en aquellas épocas se deducen de la distribución de los organismos fósiles en los sedimentos oceánicos y de los pólenes en los sedimentos lacustres, de la evolución de la cantidad de agua de los lagos, de la distribución de los árboles y de otras vegetaciones de las marismas, de la anchura de los anillos de crecimiento de los árboles, de la situación de antiguas dunas, de los cambios en la proporción de ciertos isótopos en el hielo y en terrenos sedimentarios, etc., ... (Flohn, App. 1.2, GARP — 16, 1975; Kutzbach, App. 1.3, GARP — 16, 1975). A partir de este tipo de investigaciones podemos componer la descripción de las condiciones climatológicas durante el período Altitérmico, como aparece en la *Figura 5* que nos da una idea de las precipitaciones con relación a la época actual. Se apreciará por ejemplo, que el Norte de Africa era, en general, más favorable para la agricultura que actualmente, que Europa era más húmeda, Escandinavia más seca, y que una faja de pastizales (algunas veces llamada «la Península de las Praderas») se extendía cruzando América del Norte, cuya zona oriental se convirtió en bosque posteriormente.

Tenemos que advertir al lector de que no acepte esto como una representación literal de lo que ocurriría si la Tierra se calentara otra vez, ya que tanto las causas como las características del calentamiento de hace 4000 a 8000 años pueden ser bastante diferentes de las características de los futuros efectos de la humanidad.

Otro motivo por el que conviene ser prudente al usar el período Altitérmico como modelo para el futuro, es la corta escala cronológica en

relación con nuestra perspectiva. Mientras el Altitérmico parece desarrollado en un período de algunos milenios, el calentamiento que tratamos de prever puede ocurrir en unas pocas décadas. Como ya dijimos con anterioridad, hay muchos componentes de un sistema climático que reaccionan con lentitud, por ejemplo, la circulación y la temperatura en los océanos y la respuesta de las zonas continentales. Ya hemos tratado de la tendencia que tiene el desierto a acentuarse debido a su alto albedo, una especie de realimentación positiva; y esto pudiera significar que los desiertos subtropicales resistirían (por un tiempo al menos) la tendencia hacia una precipitación mayor. Estos son temas que, evidentemente, requieren un mayor estudio.

A pesar de todas estas reservas, parece razonable estudiar cómo era el mundo cuando estaba más caliente que ahora, y observar que, al fin y al cabo, representa un modelo *probable* de la futura Tierra más caliente. Usar la Tierra real como nuestro modelo es al menos tan bueno, y probablemente mejor, que los modelos numéricos teóricos que corrientemente introducimos en nuestros ordenadores.

El destino de las masas de hielo — Ya dijimos anteriormente que el cambio más probable en la temperatura media de la superficie, consistiría en un calentamiento y que los *mayores cambios se producirían en las regiones polares* por encima de los 50° ó 60° de latitud (ver Figura 4). Esto afectaría con toda seguridad a la extensión de los hielos y nieves polares.

Hay cinco regímenes de hielo y nieve: el hielo permanece subterráneo, la nieve que cubre la tierra en invierno y se funde en verano; los hielos a la deriva (o flotantes) una parte de los cuales subsisten actualmente durante todo el verano en ambas regiones polares; los glaciares de montaña que se pueden presentar a cualquier latitud y los casquetes glaciares de Groenlandia y el Antártico que han permanecido más o menos intactos durante millones de años. Al evaluar su respuesta a un cambio de temperatura media de las latitudes altas, deberemos considerar cada uno de estos regímenes por separado; los dos regímenes más importantes para nuestra perspectiva son los hielos flotantes y los casquetes glaciares. Para un excelente análisis de este tema, véase el Apéndice 7 de Untersteiner en GARP — 16 (1975).

Hielos a la deriva del Océano Artico — Los hielos flotantes del Antártico aparecen y casi desaparecen cada año, mientras que en el Océano Artico hay siempre una zona considerable de hielos flotantes que se acumulan varios años sucesivos. El contraste entre el comportamiento estacional de las dos regiones polares queda ilustrado por el hecho de que la superficie que se hiela cada invierno en el Antártico (y que se funde cada verano) es mayor que todo el Océano Artico.

Refiriéndonos concretamente al Océano Artico, la cuestión más importante es qué cantidad de calor se necesitaría para que los hielos desaparecieran por completo y si esto significaría que permaneciese abierto y no se helara otra vez en el invierno. Hay varias razones para suponer que probablemente tendería a persistir abierto una vez que se hubiera fundido el hielo, impidiendo un cambio mayor en el nivel del mar (SMIC, 1971; Budyco, 1974; Kellog, en preparación, a).

Por el momento no existe ningún modelo atmósfera-océano-hielos flotantes, que sea adecuado para evaluar la respuesta de los hielos del Océano Artico a un calentamiento global, aunque ha habido avances notables en este tema. En todo caso, se necesitaría un calentamiento considerable para hacer desaparecer todo el hielo: el estudio de los sedimentos del Océano Artico hace suponer que ha estado helado permanentemente el último millón de años o más. Por otra parte, Budyko (1974) en-

tima basándose en un modelo de hielo flotante relativamente simple, que se necesitaría un calentamiento de al menos 4 °C en verano, para hacerlo desaparecer.

Un Océano Artico abierto permitiría, como es natural, una evaporación mucho mayor que un Océano Artico helado, y esto produciría más lluvias en verano y más nieve en invierno en sus costas. Todavía es materia de especulación, cómo repercutiría esto en la extensión de la capa de nieve que cubre la tierra firme o en las dimensiones del casquete glaciar de Groenlandia, pero indudablemente supondría un cambio importante en los regímenes de temperaturas y precipitación con relación a los que existen ahora.

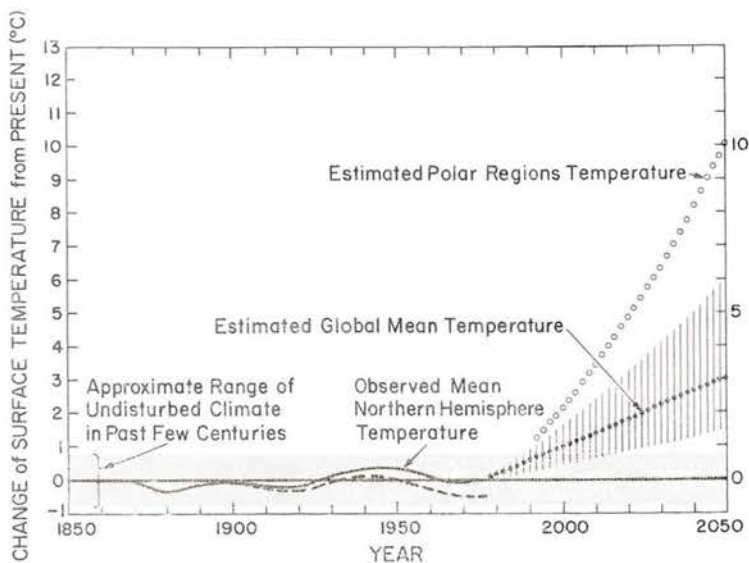


Figura 4.—Registro de la temperatura media superficial para el hemisferio norte desde 1860 (línea continua) y el que resultaría sin la adición de anhídrido carbónico (línea de trazos). El área sombreada incluye casi todas las fluctuaciones de la temperatura experimentadas a lo largo de los 1000 años últimos por lo menos. El cambio futuro de la temperatura media mundial (línea de puntos) es el que se indica en la Tabla I, representando la zona rayada verticalmente la incertidumbre de un factor de dos, en los cálculos con modelos. Es de esperar que el cambio de la temperatura en la región polar sea de 3 a 5 veces superior a la media mundial. (Adaptado de Mitchell (1977).

Casquetes glaciares del Antártico y Groenlandia — El volumen total de los casquetes glaciares de Groenlandia y el Antártico, se determina realizando durante un largo período de tiempo el balance entre la nieve caída sobre su superficie y los procesos de fusión, ablación y desprendimiento en sus bordes. También hay que tener en cuenta las "pulsaciones" intermitentes de un casquete glaciar ya que se trata de un sistema dinámico. No es evidente que un calentamiento implique necesariamente una disminución en las dimensiones de estos casquetes glaciares, puesto que una atmósfera más cálida puede contener mayor humedad y ello, a su vez, provocar mayores nevadas en la superficie y aumentar su volumen (esta hipótesis fue propuesta por el explorador y científico Scott, ya en 1905). Aparentemente existen pruebas, no muy convincentes, de que el casquete glaciar del Antártico Oriental (que es, con mucho, el mayor) disminuyó durante el período de la última glaciación en el hemisferio norte y, luego, aumentó ligeramente durante el período de calentamiento (Lamb, 1972, p. 485), estando desfasado con relación a los glaciares continentales de América del Norte y Europa (aparentemente, sin embargo, éste no fue el caso del casquete glaciar de Groenlandia).

En una discusión de este tipo, deberemos considerar cada uno de estos casquetes glaciares por separado, ya que sus características son muy diferentes. Groenlandia, con un volumen total equivalente a unos 7 m de agua del océano, está bajo, la influencia del Océano Ártico y otras fuentes de humedad del hemisferio norte. Recibe una cantidad de nieve considerablemente superior a la que recibe el casquete glaciar del Antártico, y su extremo sur se extiende bastante por debajo del Círculo Ártico. El casquete glaciar del Antártico Oriental es, con mucho, el mayor del mundo, con un volumen 8 ó 10 veces superior al del casquete glaciar de Groenlandia (lo que representa un espesor de unos 70 m de agua), y su punto más alto no está muy lejos del Polo Sur. El casquete glaciar del Antártico Occidental, con un volumen ligeramente inferior al del casquete glaciar de Groenlandia, recibe menos cantidad de nieve y, a diferencia de los otros casquetes glaciares, sus bordes están parcialmente por debajo del nivel del mar. Hay ya algunos signos de retroceso en la evolución de este casquete y, si se produjese un calentamiento suficientemente importante y retrocediera tanto que las aguas del Océano Antártico pudiesen fluir bajo él, probablemente se fundiría con mayor rapidez. En una escala cronológica geológica es este casquete el que deberíamos vigilar con mayor interés. Sin embargo, en una escala cronológica humana, es decir, en los próximos siglos, no debemos esperar que tenga mucha influencia, ya que el tiempo necesario para convertir en agua el mayor de los casquetes glaciares es del orden de 10^4 a 10^5 años (Unterstein, App. 7 GARP — 16, 1975).

Sin embargo, tiene que quedar claro que, considerado el inmenso volumen de estos tres casquetes glaciares, incluso un cambio relativamente pequeño en sus volúmenes afectaría el nivel medio del mar. Desde principios de siglo el nivel del mar se ha elevado unos 20 cm (Smic, 1971), sin embargo, este ritmo de elevación ha disminuido a partir de 1940. ¿Se habrá debido esto a una fusión parcial de los casquetes glaciares? o ¿habrá sido ocasionada por la extracción del "agua fósil" de los acuíferos subterráneos por la humanidad?

Valor de las predicciones climáticas a largo plazo

La perspectiva que hemos trazado en este artículo (ver Tabla 2 y *Figura 4*) abarca un período cronológico comparable con la vida del hombre y, quizás también comparable, de un modo aproximado, a la vida media de los edificios y fábricas de una gran ciudad, pero es muy corto con relación al período de los procesos geológicos. Todavía hoy en la planificación para el futuro la escala cronológica utilizada habitualmente por los políticos tiende a ser la duración de su mandato, aunque esto parece estar cambiando.

TABLA II

Estimación más probable de la influencia de la Humanidad en la Temperatura Media Superficial. (Más o menos un factor de dos.)

| | Actual | Año 2000 | Año 2050 |
|---------------------------------|--------|----------|------------|
| Absoluta (°C) | 0,5 | + 1,2 | + 4 cambio |
| Ritmo de Cambio (°C por década) | 0,15 | + 0,5 | + 0,7 |

Hipótesis:

- La producción de clorofluorocarburos permanece al nivel de 1973.
- La adición directa de calor no será importante globalmente hasta el año 2050.
- No se incluyen los efectos de aerosoles y las configuraciones de utilización de las tierras.

Por ello, aunque los científicos se pusieran de acuerdo en que la evolución futura del clima seguiría, más o menos, nuestra perspectiva, que-

daría por saber si esta información iba a servir para algo. ¿Quién la tendría en cuenta en sus trabajos de planificación? ¿Qué tipo de actividades humanas se beneficiarían del conocimiento de que en las próximas décadas los regímenes de las temperaturas y de las precipitaciones serían distintos?

El hecho es que nunca en la historia de la humanidad dispusieron los planificadores y los órganos de decisión de una información de este tipo (con la posible excepción de la Historia Bíblica del aviso de José al Faraón acerca de los siete años de abundancia y los siete años de hambre). No tenemos ninguna experiencia de cómo actuar en las décadas de que disponemos para tomar decisiones (Schneider, 1977). Tal vez sería diferente la construcción y el diseño de los puertos si *supiéramos* que se va a elevar el nivel del mar, tal vez el valor real de los terrenos en las regiones marginales cambiaría si *supiéramos* que pueden mejorar las condiciones para el crecimiento vegetal, tal vez ante la *seguridad* de una Tierra más cálida se plantarían nuevos cultivos, etc. ... Sin embargo, estas situaciones son hipotéticas hasta que los científicos den prueba de una mayor seguridad en sus conclusiones y deducciones (Kellogg y Schneider, 1974; Schneider, 1976).

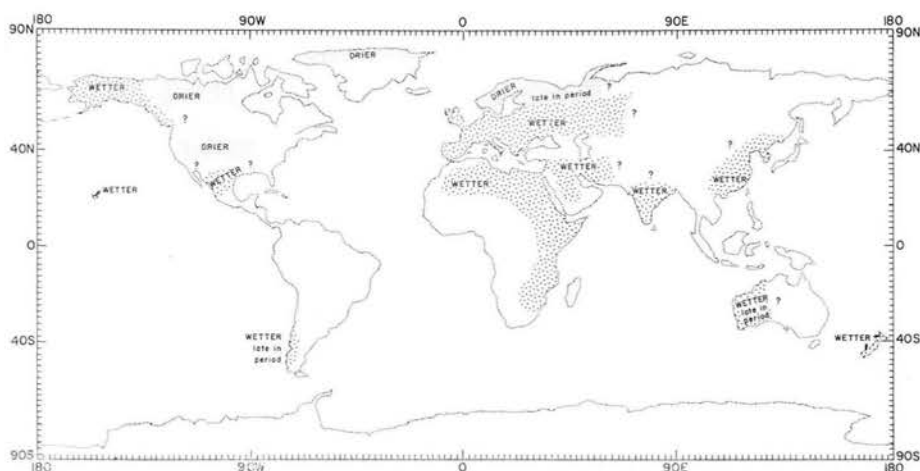


Figura 5.—Mapa esquemático de la distribución de las precipitaciones, especialmente durante el verano, en el Período Altitérmico de hace 4000 a 8000 años, cuando la Tierra estaba varios °C más caliente que ahora. Los términos "wetter" (más húmedo) y "drier" (más seco) se toman con relación a los actuales. Las zonas en blanco no son necesariamente zonas en las que no se ha producido ningún cambio en las precipitaciones, nuestra información dista mucho de ser completa, los estudios que se están realizando se refieren a algunas de estas zonas.

Puede que nunca sea posible tal seguridad acerca del clima futuro, ya que (como antes hemos dicho) habrá inevitablemente fluctuaciones climáticas naturales, cambios climáticos a largo plazo y repentinos y anómalos enfriamientos del tipo de los que han ocurrido en el pasado. Hasta que no se sepa mucho más de lo que se sabe acerca del sistema climático y las influencias externas sobre él, no podremos predecir estas intervenciones naturales.

Sin embargo, permanece el hecho de que nuestra mejor estimación de la magnitud de los efectos de la humanidad, basada en una predicción del segundo tipo (es una predicción de cómo cambiaría el clima estadísticamente como resultado de una alteración de las condiciones externas o de contorno del sistema tal y como aparece descrito esquemáticamente en la parte I del artículo, número de octubre del *Boletín de la OMM*), es tal que estos efectos serán considerablemente superiores a los cambios naturales esperados. Parece probable, por consiguiente, que el calentamiento predominará a lo largo del próximo siglo o más, y que la probabilidad de que se produzca un enfriamiento es pequeña. Esto sería una información útil si nos pusiéramos de acuerdo sobre dicho punto.

Esta perspectiva presenta además otro aspecto que la hace incluso más excepcional: es que podríamos tomar medidas para evitarlo si realmente quisiéramos hacerlo. Puede suceder que el calentamiento extremo, que suponemos ocurrirá a finales del próximo siglo, se considerase *inaceptable* por las naciones del mundo, y que se tomaran fuertes medidas internacionales para cortar drásticamente la combustión de combustibles fósiles o para establecer medidas contra el calentamiento. Estas son opciones que, ciertamente, deben ser tenidas en cuenta.

Reducción de los campos de incertidumbre

Los esfuerzos científicos se consideran a menudo como un proceso casi fortuito de buscar en rincones oscuros para cobrar nuevas «piezas» de conocimiento. Si bien estas «piezas» demuestran a menudo ser valiosas hay situaciones en las que la ciencia se enfrenta con una serie de problemas relativamente bien formulados, y entonces el proceso de selección de esos rincones oscuros, para penetrar en ellos, no tiene porqué ser fortuito. Cuando las respuestas a estos problemas van a tener una influencia en la evolución futura de la humanidad, entonces los científicos no tienen más opción que intentar aunar sus esfuerzos.

Este parece ser el caso de los efectos futuros de la humanidad en el clima. Hay un buen número de problemas que tienen que resolverse antes de que podamos hacer una «predicción del segundo tipo» con el grado de certeza que necesita la sociedad. El problema es reducir estos campos de incertidumbre que no sólo constituyen un desafío a la ciencia, sino que tendrán importantes consecuencias para nuestro futuro y el de nuestros hijos.

Nos referimos a aquellos problemas que parecen estar suficientemente claros para afrontarlos ahora y que parecen ser de solución más urgente, con la certeza de que la investigación nunca se podrá planificar detalladamente con anticipación. Además, nos limitaremos a los dominios influidos por *los efectos de la humanidad*, y no nos ocuparemos de la cuestión más amplia de investigar los fundamentos físicos de los *cambios climáticos* naturales. Estos aparecen estudiados en otras publicaciones (GARP — 16, 1975; NAS, 1975; Kellogg en preparación, b).

Modelización del clima. — Las predicciones del segundo tipo dependen de la determinación de la matriz de respuesta de un modelo climático que incluya la mayor cantidad posible de los circuitos de realimentación importantes del sistema climático, sea explícitamente, o sea procediendo a su parametrización. En algunos se puede prescindir de una serie de cir-

cuitos de realimentación, pero ello exige un cuidadoso estudio (Schneider y Dickinson, App. 2.3, GARP — 16, 1975).

Además de mejorar nuestra comprensión de los componentes del sistema climático, ilustrado en la *Figura 1* (véase en la Parte I de este artículo, publicada en el número de octubre de 1977, del *Boletín de la OMM*), hay que realizar un gran esfuerzo para llegar a esquemas en que se acoplen todos estos elementos. A medida que mejoren nuestras técnicas y la potencia de nuestros ordenadores, podremos construir modelos acoplados más completos con los que realizar experimentos más refinados en el sistema climático.

Manantiales y sumideros de anhídrido carbónico — Puesto que actualmente, el crecimiento del contenido en anhídrido carbónico de la atmósfera parece ser la influencia antropogénica más importante sobre el clima y se espera que lo siga siendo en los próximos siglos, es muy importante conocer sus manantiales y sumideros naturales. Sus reservas principales (aparte de los combustibles fósiles del interior de la Tierra) están en los océanos y en la biomasa de la Tierra, principalmente en la materia orgánica de los suelos y los bosques.

Hielos flotantes del Ártico — De todos los subsistemas del sistema climático, el de los hielos flotantes del Océano Ártico sería probablemente el que tendría más importancia en un calentamiento de la Tierra, como se razonó en los párrafos que trataban sobre el destino de las masas de hielo. El Comité Ejecutivo de la OMM lo ha señalado ya como un dominio especial de estudio. Dado que los hielos flotantes son muy sensibles al calentamiento, y dado que es posible que desaparecieran por completo, el proceso podría convertirse en «irreversible».

Casquetes glaciares — La posibilidad de que un calentamiento global provoque un pequeño cambio en el volumen de los casquetes glaciares del Antártico y Groenlandia es muy real, aunque ni siquiera estamos seguros del signo de este cambio (véase anteriormente: destino de los casquetes glaciares). Como en conjunto suman suficiente agua como para elevar el nivel medio del mar en 80 m, incluso un pequeño y casi imperceptible cambio de volumen provocaría una inundación lenta de todas las ciudades y llanuras costeras del mundo. Este podría estar entre los efectos más devastadores y costosos que hemos discutido. Por tanto, es necesario vigilar los casquetes glaciares y, al mismo tiempo, desarrollar modelos teóricos de estos casquetes que nos proporcionen una cierta predictibilidad de su comportamiento.

Cambios en los regímenes de temperaturas y precipitaciones — Un calentamiento global afectará más a los que viven en lugares en los que se produzcan cambios importantes en la temperatura y la precipitación y estos parámetros variarán indudablemente de unas regiones a otras. Por consiguiente, no es suficiente con predecir la respuesta global del sistema climático, tenemos que intentar prever los cambios regionales.

Aerosoles — No hemos podido dar datos numéricos de los efectos de los aerosoles antropogénicos en el clima global y regional, ya que hay una laguna en nuestro conocimiento acerca de las propiedades ópticas y la distribución de dichos aerosoles. Por otro lado, el carácter de estos aerosoles antropogénicos está cambiando, ya que se están haciendo esfuer-

zos para suprimir la emisión de grandes partículas de hollín por las centrales térmicas y fábricas, para controlar el uso de incineradores, de reducir la práctica agrícola de desbrozar y quemar, ... etc., todo ello combinado con el incremento de las partículas de sulfatos que son sub-productos de la combustión del carbón y del petróleo (véase los procesos específicos en los párrafos de «Una perspectiva de la Influencia de la humanidad en el clima», publicada en la parte I de este artículo, número de octubre de 1977, del *Boletín de la OMM*). Por tanto, tenemos que estudiar los actuales tipos de aerosoles e intentar también predecir el curso de las emisiones futuras.

Otros campos de estudio

Aunque éstos parecen ser los problemas más urgentes en el contexto actual, hay, por supuesto, muchos otros. Los cambios posibles en el ozono estratosférico, por ejemplo, influirían en el clima así como en la radiación solar ultravioleta; cualquier incremento en los óxidos nitrosos y en los fluorocarbonos en la troposfera elevaría la temperatura de la superficie y el problema planteado por los fertilizantes a base de óxidos nitrosos no se resolverá hasta que no conozcamos más acerca de los océanos como un manantial; los cambios en las características de las tierras influirán en el balance térmico e hídrico, y esto repercutirá en el clima regional, ... etc. Por supuesto, no se puede decir que estos factores carezcan de importancia.

BIBLIOGRAFIA

- BUDYKO, M. I. (1974): *Climate and Life* (English edition ed. by D. H. Miller), Intl. Geophys. Ser., Vol. 18, Academic Press, New York and London, 508 pp.
- FLOHN, H. (1977): Climate and energy: A scenario to the 21st Century Problem. *Climatic Change*, 1, pp. 5-20.
- GARP-16 (1975): *The Physical Basis of Climate and Climate Modeling*, WMO-ICSU Joint Organizing Comm. GARP Publ. Series No. 16, Geneva; Appendices cited in this report: 1.2—H. Flohn: History and intransitivity of climate; 1.3—J. E. Kutzbach: Diagnostic studies of past climate: 2.1—E. N. Lorenz: Climatic predictability: 2.2—C. E. Leith: The design of a statistical-dynamical climate model and statistical constraints on the predictability of climate: 2.3.—S. H. Schneider and R. E. Dickinson: Climate modeling methodology; 7—Untersteiner: Dynamics of sea ice and glaciers and their role in climatic variations.
- KELLOGG, W. W. (1975): Climate change and the influence of man's activities on the global environment, Chapt. in *The Changing Global Environment*, ed. by S. F. Singer, D. Reidel, Dordrecht (Holland) and Boston (USA), pp. 13-23.
- KELLOGG, W. W. (In preparation, a): Global influences of mankind on the climate, Chapt. in *Climate Chance*, ed. by J. Gribbin, Cambridge Univ. Press, U. K.
- KELLOGG, W. W. (In preparation b): Effects of human activities on global climate. WMO *Tech. Note No. 156*, Geneva.
- KELLOGG, W. W., and S. H. Schneider (1974): Climate stabilization: Por better or for worse? *Science*, 186, 1163-1172.
- LAMB, H. H. 1972: *Climate: Present, Past and Future* (Vol. I: Fundamentals and Climate Now), Methuen and Co., London, 613 pp.
- MITCHELL, J. M., Jr. (1977): Carbon dioxide and future climate, *EDS* (Environ. Data Service, Washington, D. C.) March, pp. 3-9

- NAS, 1975: *Understanding Climatic Change: A Program for Action*, U.S. Comm. for GARP, Natl. Acad. Sci., Washington, D. C.
- SCHNEIDER, S. H. (with L. E. Mesirov) (1976): *The Genesis Strategy: Climate and Global Survival*, Plenum Publishing Corp., New York, 419 pp. (Paperback Edition: Delta, New York; Italian Edition: Mondadori, Milan).
- SCHNEIDER, S. H. (1977): Climate change and the world predicament: A case study for interdisciplinary research, *Climatic Change*, 1, pp. 21-44.
- SMIC (1971): *Inadvertent Climate Modification: Report of the Study of Man's Impact on Climate*, Mass. Inst. Tech. Press, Cambridge, Mass.
- VAN LOON, H., and J. WILLIAMS (1976a): The connection between trends of mean temperature and circulation at the surface: Part I, Winter, *Mon. Wea. Rev.* 104, pp. 365-380.
- VAN LOON, H., and J. WILLIAMS (1976b): The connection between trends of mean temperature and circulation at the surface: Part II, Summer, *Mon. Wea. Rev.*, 104, pp. 1003-1011.
- WASHINGTON, W. M. (1972): Numerical climatic-change experiments: The effect of man's production of thermal energy, *J. Appl. Meteorol.*, 11, pp. 768-772.
- WASHINGTON, W. M., A. J. SEMTNER, JR., C. PARKINSON and L. MORRISON, (1976): On the development of a seasonal change sea ice model, *J. Phys. Oceanogr.*, 6, pp. 679-685.

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE DESERTIFICACION

NAIROBI, 29 DE AGOSTO - 9 DE SEPTIEMBRE 1977

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación tuvo lugar en el Centro de Conferencias Kenyatta, en Nairobi, Kenia, desde el 29 de agosto hasta el 9 de septiembre de 1977. La OMM estuvo representada en esta Conferencia, a la que asistieron unos 700 participantes representando a 95 países, 23 organizaciones intergubernamentales y 44 organizaciones no gubernamentales. El Dr. D. A. Davies, Secretario General de la OMM asistió los dos primeros días de la Conferencia; en su discurso en una sesión plenaria se refirió al trabajo que actualmente realiza la OMM en el campo de la desertificación y esbozó la posible ayuda que la OMM podría proporcionar en el futuro, especialmente dentro del marco del Programa Mundial del Clima.

Antecedentes

La desertificación puede definirse como el aumento, en intensidad o en extensión, de las condiciones desérticas en que disminuye la productividad biológica, con la consiguiente reducción de la masa vegetal y la capacidad del suelo para el sostenimiento de la ganadería y la normalidad de las cosechas. Desde principios de la presente década, la humanidad ha tomado cada vez más conciencia del problema que representa la desertificación. De las estimaciones realizadas sobre los avances de la desertificación se deduce que ésta va extendiéndose a razón de 60.000 km² por año, superficie que viene a ser como la de Bélgica y los Países Bajos unidos. El problema global fue afrontado por la Asamblea General de