

LA CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE EL CLIMA

GINEBRA, FEBRERO DE 1979

INFORME DEL PRESIDENTE DE LA CONFERENCIA

La Conferencia Mundial sobre el clima fue convocada por la Organización Meteorológica Mundial, en Ginebra (Suiza), del 12 al 23 de febrero de 1979 y constituyó un rotundo éxito.

Durante la primera semana de la misma, los principales especialistas del mundo presentaron y discutieron veintiséis comunicaciones específicas, sobre una gran variedad de temas relacionados con el clima. En esta semana asistieron cerca de 350 expertos de más de 50 países. Durante la segunda semana de la Conferencia, más de 100 expertos especialmente invitados, pertenecientes a todas las partes del mundo, se ocuparon en discutir minuciosamente la Declaración de la Conferencia Mundial sobre el Clima y la documentación de base. La Declaración* expresa la opinión del grupo entero. En ella se hace un llamamiento a todas las naciones para que aprovechen plenamente nuestro actual conocimiento del clima, adopten las medidas necesarias para mejorar, de forma significativa, este conocimiento y prevean y traten de evitar los eventuales cambios artificiales del clima, provocados por el hombre, que pudieran resultar adversos para el bienestar de la humanidad. La documentación de base, preparada por los grupos de trabajo de la Conferencia, proporcionó las bases técnicas para la Declaración.



Dr. R.M. White

¿Cuáles fueron algunos de los resultados de la Conferencia? Proporcionó, con mucho, la evaluación más completa del estado actual de nuestros conocimientos del clima y de sus relaciones con los diferentes aspectos del mundo natural y de la sociedad humana. Las comunicaciones específicas, que forman parte de las ya publicadas Memorias de la Conferencia, constituyen una excelente colección de documentos autorizados sobre muchos temas y tendrán un valor permanente para todos los que estén interesados en los problemas climatológicos.

La comunidad científica mundial, representada por los participantes a la Conferencia, ha sido capaz de alcanzar un consenso sobre las futuras perspectivas de evolución del clima. Forzosamente estas perspectivas sobre la evolución tienen un carácter muy general pero ya es un hecho notable el que un grupo de especialistas en numerosas disciplinas relacionadas con el clima, fuesen capaces de llegar a un acuerdo sobre el futuro curso del mismo. Es particularmente interesante el acuerdo concerniente a la influencia que el aumento de anhídrido carbónico tiene sobre el clima mundial.

* Reproducida en el número anterior de este *Boletín de la OMM* (Vol. XXVIII, N^o 2, pp. 150-154).

La Conferencia expresó su firme opinión de que existe ya mucha información valiosa disponible sobre la variabilidad natural del clima. Este conocimiento puede emplearse inmediatamente en acelerar el desarrollo económico de todos los países y deberían tomarse medidas, rápidamente, para mejorar los servicios climatológicos, especialmente, aquellos de los países en desarrollo del mundo.

La Conferencia decidió que sería prematuro convocar una conferencia mundial ministerial sobre cuestiones relacionadas con el clima, hasta que la investigación pueda reducir las dudas que nuestro conocimiento tiene sobre la futura evolución del clima y pueda proporcionar más información específica sobre las influencias socio-económicas de los cambios y la variabilidad del mismo. Sin embargo, reconociendo la importancia que tiene utilizar más nuestros conocimientos actuales sobre la variabilidad del clima, se recomienda convocar conferencias regionales a nivel ministerial, con el fin de provocar acciones nacionales e internacionales para estimular la aplicación de la información climatológica a los diferentes sectores de la economía nacional, especialmente en las zonas en desarrollo.

Una de las principales recomendaciones de la Conferencia fue que el Programa Mundial sobre el Clima, que actualmente está siendo planificado por la OMM y otras organizaciones, merezca el más vivo apoyo por parte de todas las naciones.

La documentación de base está dirigida a cuestiones de investigación sobre los sistemas climáticos, los datos y las aplicaciones, las influencias humanas sobre el clima y los estudios de la influencia del clima en la sociedad. Junto con la Declaración y las comunicaciones específicas, esta documentación de base será publicada en las Memorias de la Conferencia Mundial sobre el Clima, publicación que se espera esté disponible antes de terminar el año 1979.

La reacción pública ante esta Conferencia Mundial sobre el Clima fue de un gran interés por la misma, ya que atrajo la atención de la prensa mundial de forma tal, como pocas actividades anteriores de la OMM lo habían hecho. Representantes de más de 100 periódicos, revistas y otros medios de comunicación asistieron a la misma para informar sobre las deliberaciones y las conclusiones.

ROBERT M. WHITE

La síntesis y el informe más detallados sobre los debates, que tuvieron lugar durante la primera semana de la Conferencia Mundial sobre el Clima, que figuran a continuación, han sido extraídos del material preparado por el Sr. P.J. Meade (Reino Unido) para su inclusión en las Memorias de la Conferencia.

BREVE SINTESIS DE LOS DEBATES

La presentación de documentos y las discusiones durante la primera semana de la Conferencia sentaron las bases para las reuniones de los grupos de trabajo y para la elaboración de la Declaración, durante la segunda semana. No es nuestra intención sacar aquí conclusiones de los debates de la primera semana, sino simplemente, enfocar algunos aspectos o temas que los participantes consideraron como más importantes.

Los progresos realizados en la representación con modelos de los sistemas climáticos, quizás pueden ser considerados modestos, pero alentadores. Probablemente, la

complejidad del problema no tiene paralelo. La investigación respecto a ciertas interacciones importantes entre los componentes del sistema climático está avanzando, pero pudiera haber otras acciones mutuas o realimentaciones todavía sin identificar y cuya importancia no está aun bien determinada. Pueden utilizarse un cierto número de modelos para obtener una valoración, razonablemente realista, de la influencia que sobre el clima mundial ejercen las crecientes concentraciones de CO₂ y de otros gases “invernadero” de la atmósfera. Este es un tema de excepcional importancia, ya que es sabido que estas concentraciones de CO₂ han aumentado y sin duda alguna, continuarán aumentando. Como dice W.L. Gates en su comunicación “si la creciente alteración por parte del hombre de su medio ambiente da como resultado la introducción de influencias sobre el clima, anteriormente desconocidas, el método de representación con modelo es el único procedimiento que puede emplearse para predecir la futura evolución del clima”.

Este tipo de consideración pone de relieve la importancia de la observación de los sistemas climáticos y de la representación del clima con modelos, acciones ambas que deben continuarse juntas. Uno de los objetivos más importantes de la observación debería ser la identificación de las influencias naturales y artificiales sobre el clima, que puedan afectar seriamente a la biosfera y a la sociedad humana. Este objetivo sería un paso previo esencial, antes de examinar las medidas que deben tomarse para resolver y, posiblemente prevenir, los cambios climatológicos inconvenientes.

Dado que, muchas de las actividades que pueden influir en el clima están relacionadas con la producción y empleo de la energía, en cualquiera de sus formas, está claro que, las futuras políticas energéticas —la elección de los planes energéticos— estarán íntimamente ligadas a la cuestión de los cambios climatológicos. Se recalcó repetidamente que, estos problemas deberían ser abordados internacionalmente y a escala mundial para que los resultados fuesen significativos.

Siendo la agricultura, probablemente, el sector de la economía que más utiliza la información sobre el tiempo y el clima, es evidente que debe darse la máxima importancia a las necesidades de la misma y parece ser que la variabilidad del clima, manifestada en las diferencias de un año a otro o de una estación del año a otra, tiene más importancia que los cambios climáticos a largo plazo. Esto es un indicador valioso para las exigencias agrícolas más urgentes y se puso mucho interés, en las declaraciones que hacían referencia a los importantes progresos alcanzados en la confección de predicciones meteorológicas, para una determinada estación del año, incluso con un año de anticipación. Por el contrario varios meteorólogos expresaron sus dudas sobre nuestra capacidad actual para hacer predicciones estacionales (o a plazo más largo).

Finalmente, varios oradores principales y otros, en sus intervenciones, señalaron que la Conferencia había sido muy interesante por la amplitud y profundidad con que fueron tratados los temas de la misma. Los problemas y retos asociados a las influencias de los cambios y la variabilidad del clima, sobre la sociedad, continuarán exigiendo un método interdisciplinario. También se puso de manifiesto que pueden encontrarse otros nuevos caminos para estimular este tipo de investigación y capacitar a una generación de científicos, para que puedan trabajar en la zona de separación entre las ciencias físicas y las sociales.

INFORME SOBRE LOS DEBATES

[No es posible, en este espacio disponible, citar los numerosos comentarios que se hicieron durante los debates, ni dar con detalle los argumentos justificativos que se expusieron. Sin embargo,

estas notas pueden servir de recordatorio para los que han participado en la Conferencia y, también, pueden ser de interés para los demás].

Las bases físicas del clima - modelos climatológicos

Los participantes mostraron un gran interés, por los problemas e incertidumbres que lleva consigo la descripción adecuada de los sistemas climatológicos, con sus cinco componentes físicos —la atmósfera, los océanos (hidrosfera), las masas de hielo (criosfera), la tierra (litosfera) y la biosfera. Aparte de la atmósfera (que muestra la mayor variabilidad tanto en la escala espacial como en la cronológica), fue el papel de los océanos, el tema que más ampliamente se trató en las discusiones. Se manifestó la preocupación por el número limitado de datos oceánicos disponibles. Tanto los meteorólogos como los oceanógrafos necesitan para sus estudios sobre el clima, datos de los océanos, no solamente en superficie, sino a varias profundidades y se indicó que se debería prestar la máxima ayuda a los oceanógrafos, ya que éstos están apremiando para la instalación de redes de observaciones especiales de datos oceánicos. Los oceanógrafos presentes subrayaron que esto sería una empresa cara y extremadamente difícil.

Se han alcanzado grandes progresos en el desarrollo de los modelos de la circulación general, que simulan los rasgos principales de la circulación general a escala global y del estado medio del actual clima mundial. Sin embargo, incluso los modelos más avanzados no dan *predicciones* de los cambios con respecto al clima medio, con un año o un decenio de anticipación o de un invierno al próximo. Por otra parte, los modelos han sido empleados con cierto éxito para investigar la respuesta del sistema climático a determinados cambios naturales (por ejemplo: en la radiación solar) y a los posibles cambios artificiales (por ejemplo: en la superficie del suelo o en el contenido de anhídrido carbónico (CO₂) de la atmósfera).

Una cuestión crucial debatida fue el grado de fiabilidad, que cabe esperar de estos modelos, para simular la respuesta o la “sensibilidad” del sistema climático a los estímulos provocados de este tipo. Un cierto número de expertos cree que debería emplearse más cautela, al determinar los experimentos con el modelo que indican la respuesta teórica del clima, cuando se dobla el contenido de CO₂ de la atmósfera. Se argumentó que podría haber algunos mecanismos importantes de realimentación, tales como la nubosidad o los cambios en la circulación oceánica, que no estuvieron debidamente tratados en los modelos. Sin embargo, parece que se llegó al acuerdo de que, a pesar de sus numerosas simplificaciones, probablemente los modelos se habían aproximado bastante bien a la sensibilidad correcta.

La necesidad de disponer de modelos más refinados, capaces de representar la respuesta del clima a escala *regional*, se recalcó insistentemente. A esta escala, deben conocerse los cambios que se esperan, tanto en la distribución de la temperatura como en la de la precipitación, si se quieren que los resultados sean utilizados por los encargados de la planificación a nivel nacional.

Se hizo referencia a la “robustez” de los sistemas climáticos, en otras palabras, al grado en que potentes realimentaciones pueden preservar la estabilidad de los mismos, frente a cambios forzados. El concepto de sistemas climáticos robustos fue impugnado teniendo en cuenta las pruebas paleoclimáticas de los grandes y ocasionalmente repentinos cambios de clima, cuyas causas no están claras. Además, se argumentó con razones teóricas, que un sistema complejo, no lineal, puede tener más de un estado casi estable y

puede cambiar rápidamente de uno a otro. Sin embargo, se señaló que si el sistema climático posee ciertas inestabilidades actuales, es extremadamente difícil detectarlas y de hecho, el modelo climático parece mostrar un cierto grado de estabilidad o “robustez” cuando cambian las condiciones de contorno.

Algunos aspectos de la variabilidad del clima

La variabilidad del clima tiene una influencia decisiva sobre la economía humana, siendo causados los impactos principales, mucho más por las anomalías a corto plazo de la precipitación y de la temperatura, que por los cambios a largo plazo de estos parámetros meteorológicos. Se indicó que la gran variabilidad de la temperatura y de la precipitación durante los años 70, probablemente no fue anormal, pero sus consecuencias tuvieron mucha importancia, ya que afectó a las regiones cerealistas y a las principales zonas de pastos. Se expusieron serias dudas sobre la afirmación, tan oída, de que el decenio pasado había conocido un aumento de la variabilidad del clima mundial.

En los recientes decenios, la tendencia de las temperaturas atmosférica y de la superficie del mar, parece que ha sido de un descenso en el hemisferio norte y de un ligero aumento en el hemisferio sur. Sin embargo, la evidencia de tales tendencias no está muy clara y se insistió en la necesidad de poner mucho más cuidado en la interpretación estadística de los datos climatológicos, ya que los números globales podrían ser engañosos. Es difícil confirmar, sobre una base mundial y anual, cualquier tendencia reciente de la temperatura, en un sentido o en el otro, pero el análisis de los datos más modernos del hemisferio norte, por estaciones del año, indican primaveras y otoños más cálidos, lo que pudiera ser el origen de la actual recesión de los glaciares.

Se prestó mucha atención a la posibilidad de hacer predicciones meteorológicas, útiles y de gran duración, dando tendencias y desviaciones de las normales climatológicas para períodos superiores al año. Varias de las comunicaciones específicas tratan de esta cuestión. Los métodos para atacar este problema suponen la identificación de periodicidades en el tiempo atmosférico (y la suposición de que tal comportamiento periódico se mantendrá), así como una variedad de técnicas basadas en la idea de que los cambios prolongados de la temperatura de la superficie del mar o en la cubierta de hielo o nieve, afectarán la circulación en gran escala, de una forma tal, que podría ser prevista. Se expresaron reservas basadas, por lo menos en parte, sobre la discusión teórica de que los casi aleatorios sistemas del tiempo, de corta duración, crean un “ruido” que tiende a enmascarar cualquier “señal”, a largo plazo, representada por ejemplo: por una anomalía de la temperatura del océano. También, las periodicidades que pudiesen emplearse para las predicciones estacionales, parece que son de pequeña amplitud y, por tanto, no puede esperarse que den una predicción práctica, en sentido estadístico.

Los panoramas del clima

Un estudio de los períodos cálidos y fríos en la historia del clima, muestra que los diferentes efectos provienen, probablemente, de causas naturales. Por ejemplo: un enfriamiento mundial podría ser el resultado de una serie de fuertes erupciones volcánicas, que introducirían polvo en la estratosfera, perturbando el balance radiactivo. Por otra parte, un calentamiento mundial podría ser debido a un período de calma en la actividad volcánica o a un aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera

Los estudios de este tipo ayudan a la construcción de los panoramas climáticos y, como se demostró en las discusiones, el método del panorama puede usarse con los modelos climáticos, lo que verdaderamente demuestra su versatilidad. Algunos de estos panoramas más solicitados son aquellos que están relacionados con los posibles efectos de las actividades humanas sobre el clima. Los modelos dan una visión interna de los factores que forman el clima y se están empleando experimentalmente en la reconstrucción de los climas pasados y también, han sido adoptados como una herramienta de trabajo en paleoclimatología. Incidentalmente, el procedimiento de reconstrucción del clima por medio de la paleoclimatología ha ampliado el radio de acción y su capacidad, con el empleo de las técnicas geoquímicas, principalmente, las que se basan en los isótopos, que han aumentado el volumen de la información disponible sobre los climas pasados, restituyendo fechas seguras y paleotemperaturas.

El método del panorama ha ayudado, de forma clara, a llamar la atención sobre la posibilidad de un calentamiento gradual, mundial, durante este siglo. No obstante, los climas pasados deberán ser utilizados con cautela al estimar los climas futuros. Se mencionó como ejemplo sugestivo e interesante el del Último Terciario (aproximadamente entre 12 y 2,5 millones de años a.c.), en el cual, al Antártico completamente helado y el Océano Ártico virtualmente libre de hielos, tuvieron una marcada influencia tanto en la circulación atmosférica como en la oceánica. Parece ser que si la concentración del CO₂ atmosférico sobrepasa un cierto nivel, aumentaría la probabilidad de que el calentamiento mundial llegase a un límite, que pudiera ser la causa de la desaparición de la delgada capa de hielo ártica.

El control del clima y la recopilación de datos

Nunca fue discutida la necesidad vital de establecer servicios adecuados para el control climatológico y la recopilación de datos. La gama de necesidades de estos datos es muy amplia, y en ella se comprenden de una parte, datos meteorológicos, oceanográficos, hidrológicos y geofísicos y de otra parte, datos biológicos/ecológicos y económicos/sociales. Aunque ya existen sistemas de adquisición de datos bien establecidos (por ejemplo: la Vigilancia Meteorológica Mundial y las redes climatológicas especiales, instaladas por los servicios meteorológicos nacionales o por otros análogos), se siente la necesidad de ampliar los medios existentes y de crear nuevas redes, con el fin de cubrir todas las necesidades del programa de control climatológico.

Se expresó la gran preocupación que existe por la falta de datos de las zonas oceánicas, en particular, en aquellas zonas en que tanto la variabilidad espacial, como la temporal, de la temperatura es relativamente grande. Se insistió sobre la necesidad de mejorar la calidad de los datos oceánicos de que se dispone actualmente. Se juzgó inaceptablemente alto el error típico de las medidas de la temperatura de la superficie del mar. También se citó, como argumento en favor del control oceánico, la influencia que los océanos ejercen en la reducción de la variabilidad del clima.

En relación con el control de los cambios y la variabilidad del clima, se indicó que la amplitud de la variabilidad interanual podría ser tan importante como la tendencia de la temperatura media. También se discutió el problema de la identificación de las tendencias sistemáticas.

El clima y la biosfera

La biosfera tiene una acción recíproca con los otros cuatro componentes del sistema climático, principalmente, sobre las escalas cronológicas de las características de los ciclos de vida de la cubierta vegetativa de la Tierra. El ciclo más sobresaliente es el del crecimiento de la planta, en respuesta a las variaciones estacionales de la radiación solar, la temperatura y la lluvia. Muchas de las actividades humanas han alterado significativamente la cubierta vegetativa de la Tierra y han perturbado la componente biosférica del clima. Se indicó que los trabajos de explotación forestal y agrícola, durante miles de años, han tenido una influencia sobre el clima, mucho mayor que la producida por las actividades del moderno crecimiento industrial. Al mismo tiempo, se señaló que las características de los ecosistemas de la Tierra vienen determinadas, en gran medida, por el clima.

Se sugirió que debería darse mayor importancia a los ciclos biogeoquímicos globales de los principales elementos presentes en la materia orgánica, principalmente los del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, y, por descontado, al ciclo hidrológico. Como el hombre ya está modificando estos ciclos (debido, principalmente, al rápido incremento en el empleo de combustibles fósiles), parece indispensable observar y tomar nota de cualquier cambio que posiblemente se produzca.

El clima y la composición de la atmósfera

Dentro del contexto de los cambios y la variabilidad climática, muchos participantes consideraron que, al parecer, las actividades humanas que modifican las concentraciones de ciertos gases y partículas en la atmósfera, tienen una gran importancia. Tales modificaciones afectan al balance radiactivo, alteran el contenido de ozono atmosférico y en el caso de las partículas, modifican las nubes y los procesos de precipitación.

Se prestó mucha atención a la emisión de CO₂ en la atmósfera, efectuada por el hombre, debido principalmente al empleo de combustibles fósiles. Además, la tala de los bosques produce CO₂ cuando la materia orgánica se pudre o se quema y puesto que los bosques también actúan como sumideros del CO₂, la deforestación es, posiblemente, un nuevo factor que contribuye al incremento de CO₂ observado en estos últimos decenios. Se puso de relieve que aún no existe información fiable sobre el ritmo de deforestación en los trópicos. Como es bien conocido, los efectos del CO₂ sobre el clima se producen debido a la absorción de la radiación infrarroja, lo que conduce a un calentamiento de la baja atmósfera. Otros diversos gases, como absorben también la radiación infrarroja, son desprendidos a la atmósfera como resultado de las actividades humanas y se comportan de forma similar al CO₂.

Las crecientes concentraciones de los gases "invernadero", tales como el CO₂, las de los otros gases que pueden afectar la capa de ozono y las de los aerosoles, condujo a que se pusiera un interés adicional sobre el problema del control de la composición atmosférica, con el fin de mantener una estrecha vigilancia sobre los cambios que realmente se realizan en la misma. También se señaló que, puesto que el crecimiento de las concentraciones puede ser muy lento, las estimaciones basadas sobre los experimentos efectuados con los modelos del clima, podrían dar indicaciones oportunas de los cambios probables, que, posteriormente, podrían ser comprobadas por el control.

Dado que los efectos del incremento en la concentración del CO₂ pueden tener una

repercusión a escala mundial, es evidente que, cualquier plan de acción para reducir los cambios climáticos o minimizar los efectos adversos de los mismos, debería organizarse internacionalmente. Las acciones de un pequeño grupo de naciones encaminadas a reducir el empleo de combustibles fósiles, probablemente tendrían un efecto pequeño y, por tanto, sería esencial un acuerdo y anuencia, a escala mundial.

El clima y la energía

El clima influye sobre la demanda de energía y, los subproductos derivados de la producción y utilización de la misma pueden influir sobre el clima. El debate sobre este tema fue introducido por una proyección del año 2030 cuando, según se afirmó, se haya doblado la población del mundo, el consumo de energía se haya multiplicado por cuatro o más y se hayan triplicado las necesidades de alimentos. En este año 2030 se hará necesario el empleo de todas las fuentes disponibles de energía, incluyendo (además de los combustibles fósiles), la energía nuclear, la conversión eléctrica y térmica de la energía solar y la conversión eléctrica y térmica de la energía de los océanos. La fusión nuclear no se ha tenido en cuenta para este cuadro del futuro. Se indicaron muchas posibilidades para reducir el previsto incremento de multiplicar por cuatro la demanda de energía, particularmente, por la introducción de mejoras en la construcción y en el aislamiento de los edificios. También se indicó que la inversión de capital, que será necesaria para un mayor crecimiento de los sistemas de generación de energía, pudiera no estar disponible, lo que daría como resultado un crecimiento más lento de la demanda y empleo de la misma, en algunos sectores.

Aunque el consumo de energía supone desprendimiento de calor residual a la atmósfera, se consideró que tales emisiones podrían no tener, virtualmente, efectos globales sobre el clima. Sin embargo, los efectos locales y regionales son ya perceptibles y pudieran incrementarse de forma importante. También, los embalses construídos para las plantas hidroeléctricas pudieran causar efectos sobre el clima local, ya que modifican el albedo de la superficie.

Se mostró gran interés por los sistemas solares y oceánicos de conversión eléctrica y térmica, que tienen la posibilidad de proporcionar grandes cantidades de energía y pueden considerarse como una alternativa al empleo de los combustibles fósiles. Parece ser que estos sistemas, dependiendo claro está de su tamaño, podrían tener influencias locales importantes sobre el clima. Se expresan algunas dudas sobre el empleo de los sistemas oceánicos de conversión térmica y eléctrica, a causa de los posibles cambios en la temperatura de la superficie del mar y de las incertidumbres sobre los efectos netos del desprendimiento de CO_2 , desde los océanos al aire y sobre las posibles consecuencias del aumento en la producción de fitoplancton.

Estas fuentes energéticas alternativas, con sus efectos sobre el clima, principalmente de tipo local, dieron lugar a un debate muy interesante. Sin embargo, es evidente que el mayor peligro para el clima mundial, en relación con la producción de energía, proviene actualmente de los desprendimientos, a gran escala, de CO_2 en la atmósfera. El problema es de una gran complejidad, ya que implica en el mismo al ciclo del carbono y al empleo, a largo plazo, de los combustibles fósiles, en el futuro. En cualquier caso, queda todavía lugar para debates sobre el balance entre los efectos beneficiosos y los perjudiciales, debidos al incremento de CO_2 en la atmósfera. Casi con certeza, la producción agrícola podría acrecentarse, con tal de que no existan otros factores restrictivos.

Se reconoció que se necesitará mucho tiempo para la construcción de grandes plantas generadoras de energía y, por tanto, se puso mucho énfasis sobre la necesidad de emprender la planificación, a largo plazo, de la producción de la misma. Queda mucho trabajo por hacer, tanto en la investigación teórica como en la aplicada, hasta que se le pueda proporcionar a los encargados de la política energética, una base mejor, en relación con las acciones mutuas entre el clima y la energía.

Aunque la discusión se centró principalmente sobre la producción de energía, también se prestó atención a la forma en que el clima afecta prácticamente a todas las actividades asociadas con la producción de la misma. Por ejemplo: la eficacia de la producción de la energía solar o hidroeléctrica viene afectada por las variaciones de la radiación solar o del caudal, respectivamente. La demanda de energía también depende mucho de los factores climatológicos, especialmente, de los cambios de temperatura y del aumento de la radiación.

Recursos hídricos

Se mostró un gran interés por los problemas que se le presentan al ingeniero dedicado a los recursos hídricos, cuando intenta tener en cuenta la variabilidad del clima en el diseño y funcionamiento de los proyectos. Dado que la precipitación y la evapotranspiración tienen efectos importantes sobre el caudal, la planificación de los recursos hídricos depende muchísimo de las características climatológicas de la precipitación, la temperatura y la radiación. Como premisa indispensable, se dio por sentado que, las estadísticas derivadas de las medidas efectuadas durante los últimos 50 a 100 años podrían aplicarse a los próximos 50 a 100 años. Hubo acuerdo sobre la posibilidad de predecir los cambios de los valores medios y la variabilidad de los componentes del ciclo hidrológico, tareas éstas que deben continuarse activamente a base de programas de investigación adecuados, ya que todavía no es posible proporcionar predicciones climatológicas sobre estos parámetros, especialmente, a escala regional.

Los meteorólogos recibieron con agrado el acuerdo, expresado por los hidrólogos, de extender su zona de interés más allá de los datos estadísticos de precipitación y de otros elementos meteorológicos, hasta llegar a ciertos aspectos de la circulación general de la atmósfera. Dado que la distribución de los recursos hídricos es un problema mundial, resulta importante disponer de más información sobre la transferencia del vapor de agua desde el hemisferio sur al norte, debida a los monzones. Parece ser que este problema será atacado mediante nuevos progresos en los modelos de la circulación global.

El clima y la salud

Esta discusión puso de relieve, de forma sorprendente, los problemas a los que deben hacer frente las comunidades, cuando se producen cambios significativos en sus climas. Por ejemplo: si el clima de una región se hace más tropical, podrían surgir una serie de nuevas enfermedades, para las cuales la población local no dispone de inmunidad ni de otras defensas. En tal caso, habría que considerar la cuestión de la emigración.

Los seres humanos controlan, en gran medida, su medio ambiente, vistiendo ropas adecuadas y construyendo edificios con clima acondicionado. Valiéndose de estos medios, son capaces de sobrevivir en una amplia gama de condiciones climatológicas. Sin embargo, la humanidad ha mostrado preferencia por vivir en zonas donde el clima no

sufra condiciones extremas de temperatura, ni de otros factores que afecten el balance calorífico del cuerpo.

Se manifestó, que en los países desarrollados, había habido una marcada reducción en la amplitud de las fluctuaciones estacionales de la mortalidad.

La fuerte influencia del clima sobre las enfermedades propagadas por insectos fue considerado como un factor de especial importancia en las regiones tropicales, donde la mala nutrición es responsable de otra de las graves influencias del clima sobre la salud humana. Las predicciones de las variaciones o anomalías del clima, o incluso las predicciones meteorológicas a plazo medio podrían ayudar a prevenir el ataque de las enfermedades, tanto a los seres humanos como a los animales.

La conclusión fue de que, si bien la humanidad puede ser capaz de disminuir el impacto de los pequeños cambios climáticos sobre su bienestar, cualquier otro cambio que sea particularmente intenso o repentino podría tener graves consecuencias. El objetivo debe ser, pues, prever, a tiempo, tales cambios climáticos.

Aspectos climatológicos de la agricultura

La importancia atribuída a los efectos de los cambios y la variabilidad climática sobre la agricultura, quedó demostrada por el hecho de que se dedicaron dos sesiones enteras y la mayor parte de una tercera a este tema, de tan gran alcance.

Los meteorólogos, especializados en los problemas de la agricultura, estuvieron de acuerdo en la necesidad de continuar la investigación básica relacionada con el clima, pero pusieron de relieve la importancia de utilizar al máximo los conocimientos del clima, disponibles actualmente, para la planificación y la operación diaria de las actividades agrícolas. Este es un campo excelente para la explotación de los datos climatológicos adaptados a la satisfacción de necesidades específicas.

Se hizo referencia a los métodos de predicción del rendimiento de cosechas y a la determinación de los efectos de los agentes invernales sobre las mismas. Una faceta de la agrometeorología, relativamente nueva y con grandes posibilidades, es el empleo de modelos meteorológicos para las cosechas. Algunos participantes se refirieron a la elasticidad de la agricultura, señalando su capacidad para recuperarse de los acontecimientos climatológicos adversos. Se dijo que esta elasticidad era más fuerte en un sistema agrícola mixto.

Sobre el tema de la producción mundial de alimentos, se hizo la declaración de que podrían producirse suficientes alimentos para la creciente población de la Tierra, con tal de que se realizasen los esfuerzos necesarios con respecto a la mano de obra, a la energía y al empleo de técnicas modernas. Este método ya fue puesto en práctica en los EE.UU., la U.R.S.S. y más recientemente, en la India.

En el transcurso de la audiencia, los agrónomos solicitaron más información meteorológica de los meteorólogos, insistiendo en que los estudios agrometeorológicos deberían tener en cuenta los factores de la planta y del suelo, además de los correspondientes parámetros meteorológicos. En general, los granjeros y agricultores recibirían con agrado asesoramiento sobre la forma en que las prácticas agrícolas pueden introducir cambios en el clima, tales como los efectos producidos por una irrigación extensa. Se indicó que el incremento en el empleo de fertilizantes nitrogenados es, a menudo, in-

justamente considerado como la única causa del aumento del contenido de óxido nítrico en la atmósfera (uno de los gases "invernadero"). Sin embargo, las fuentes naturales y los abonos orgánicos, así como las actividades industriales y domésticas también contribuyen a ese aumento. La investigación agronómica mejorará la eficacia de los fertilizantes nitrogenados, de modo que cada vez será necesario emplear cantidades más pequeñas de los mismos. Esto habrá que tenerlo en cuenta al diseñar el modelo y cuando se extrapole para el futuro.



Ginebra, Febrero de 1979.—La apertura de la Conferencia Mundial sobre el Clima en el Centro Internacional de Conferencias. *De izquierda a derecha:* Sr. R. Schneider, Secretario General Adjunto de la OMM; Sr. F. Mayor, Director General Adjunto de la Unesco; Sr. R.W. Phillips, Director General Adjunto de la FAO; Dr. M.K. Tolba, Director Ejecutivo del PNUMA; Dr. H. Mahler, Director General de la OMS; Sr. K.K.S. Dadzie, Director General de Desarrollo y Cooperación Económica Internacional de las Naciones Unidas; Dr. D.A. Davies, Secretario General de la OMM y Presidente Honorario de la Conferencia; Dr. R.M. White, Presidente de la Conferencia; Profesor Ju. A. Izrael, Primer Vicepresidente de la OMM (interino); Académico E.K. Fedorov; Sir John Kendrew, Secretario General del CIUC; Dr. O. Vasiliev, Director Adjunto del IIASA; y Dr. H. Taba, director de Planificación de Programas y relaciones con NU en la Secretaría de la OMM.

Se hicieron varias sugerencias referentes a las posibles líneas de las investigaciones agrometeorológicas. Las series de investigaciones meteorológicas, como las existentes en China, fueron muy valiosas para investigar la posible existencia de ciclos meteorológicos. A este respecto se comunicó que los estudios que se están realizando en el Japón para investigar el ciclo solar de Brückner han mostrado algunos resultados prometedores.

También se indicó que cuando se proporciona información agrometeorológica a los usuarios, el factor de humedad no siempre recibe la atención que merece. La humedad es muy importante con respecto a las enfermedades de las plantas, a la fotosíntesis, a la evapotranspiración, al almacenamiento de productos y al esfuerzo animal. Incidentalmente, ninguna de las comunicaciones agrícolas trataron de las plagas y las enfermedades. Esto es quizás un hecho desafortunado, teniendo en cuenta los importantes efectos que la variabilidad del clima tiene sobre ellas y, por consecuencia, sobre la producción de alimentos. Por ejemplo: en un cierto número de países, las condiciones climatológicas que favorecen el aumento de las cosechas de trigo, también favorecen el desarrollo del tizón, que tiene efectos adversos sobre las mismas.

Se argumentó sólidamente para que el problema de la variabilidad climática en los trópicos sea atacado más enérgicamente. Aquí, el objetivo de la planificación debería ser no sólo obtener suficientes alimentos, sino también conseguir excedentes, para que actuasen como amortiguadores en los años de escasez.

Como comentario general de la discusión sobre el clima y la agricultura, se puede decir que, los sistemas agrícolas (que incluyen el cultivo, la recolección, el almacenamiento, la comercialización y otras facetas) parecen ser notablemente flexibles y eficaces. También puede mencionarse que los agrometeorólogos parecen estar más interesa-

dos por las predicciones meteorológicas a largo plazo y la variabilidad del clima, que por los cambios del mismo.

La ciencia del suelo

Las características del suelo muestran una gran dependencia de los elementos climáticos y se han descrito algunos fenómenos interesantes relacionados con la densidad de población y el empleo de las tierras.

En Africa, las regiones con mayor densidad de población agraria y las de mayor superficie cultivable, en la actualidad, corresponden a la sabana seca, semi-árida, cerca del límite norte del cultivo forrajero. En la zona húmeda intertropical, la densidad de población agraria y la intensidad del empleo de la tierra son varias veces menor. Sin embargo, en otras partes de los trópicos existen ciertas zonas limitadas, con una población agraria muy densa respecto a la poca población que, generalmente, tienen los trópicos húmedos. Por ejemplo: Java está poblada muy densamente en comparación con las vecinas islas de Indonesia.

Esto demuestra que, además del clima, hay otros factores naturales que pueden ser muy significativos y que, por tanto, debe apreciarse completamente la importancia de los suelos. Estos presentan una variabilidad local y regional, que depende de la petrografía, la topografía y las condiciones de drenaje y también, muestran una gran influencia del clima, particularmente, sobre aquellas características del suelo que desempeñan un papel decisivo en la esfera ecológica. Una de estas características es la capacidad de intercambiar cationes, que determina la respuesta de los diferentes suelos a los fertilizantes. El proceso de corromperse el suelo por los agentes atmosféricos puede causar un descenso en esta capacidad de intercambio, pero las zonas tropicales semi-áridas, como el Sahel, tienen suelos con una capacidad relativamente grande de intercambio de cationes. Por tanto, se arguyó que los descubrimientos efectuados por la ciencia del suelo deberían ser tomados en cuenta, cuando se considere la influencia del clima sobre la producción de alimentos, en las regiones tropicales.

Los bosques y el clima

En varias sesiones se aludió a los bosques, especialmente, cuando se discutió la concentración del CO₂ en la atmósfera. Los bosques juegan un papel muy importante en la eliminación del CO₂ de la atmósfera y se informó que, mientras los bosques están siendo talados por el hombre, hay pocos signos de que una repoblación forestal, natural o planificada, hay causado alguna preocupación.

Las acciones mutuas entre los bosques y el clima se producen en ambos sentidos, los bosques son afectados por las fluctuaciones del clima y el clima, a su vez, viene afectado por los cambios de la masa forestal. La importancia de los bosques en el clima mundial fue completamente aceptada, pero algunos de los participantes resaltaron el significado que los bosques tienen en el clima regional o local. Por ejemplo: las selvas tropicales tienen un efecto apreciable al moderar el caluroso medio ambiente, en beneficio de los asentamientos humanos. También se expuso la importancia de los bosques en la ecología a gran escala, particularmente, su valor en la salvaguarda de los balances de humedad y bioquímicos. Se advirtió que los efectos de la rápida deforestación que se realizó en los últimos años, no habían sido todavía suficientemente apreciados. Se ob-

servó que la repoblación artificial es una herramienta de control del clima regional y que los aspectos climatológicos de los cambios en el empleo del terreno, deberían ser examinados completamente en toda planificación regional.

Parece que no hubo dificultad en aceptar la declaración de que, la superficie total de los bosques no debería ser disminuída en una gran extensión, antes de adquirir el conocimiento suficiente para determinar las consecuencias que se derivarían para los climas regionales y el mundial. Si los cambios y las fluctuaciones del clima deben neutralizarse o equilibrarse, sería de gran valor disponer de una buena distribución regional de los bosques. Sin embargo, se reconoció que los problemas políticos y económicos con que se tropezaría para llevar a cabo una distribución de este tipo, serían muy grandes.

La pesca y el clima

El pescador conoce muy bien que el tiempo atmosférico afecta a la pesca y que el clima tiene un marcado efecto sobre las poblaciones de peces. Sin embargo, se dijo que la influencia del clima, sobre el aumento y disminución de estas poblaciones, era más compleja de lo que antes se creía. Los peces pueden evitar, en cierta medida las condiciones desfavorables, pero necesitan encontrar zonas alternativas que tengan adecuados abastecimientos de fitoplancton y biomasa.

Una cuestión que se suscitó fue saber si las influencias climáticas estaban enmascaradas por las prácticas comerciales, tales como el agotamiento de los caladeros. Hubo acuerdo en que estos problemas podrían surgir, por lo cual, la investigación de los efectos de la variabilidad climática tendría que enfocarse al estudio de los casos en que los diferentes factores puedan ser separados.

La explotación de los recursos marinos - las prospecciones petroleras submarinas

Se puso merecido énfasis en la importancia del conocimiento del clima y de los posibles cambios climáticos, en los proyectos para la extracción de los recursos marinos del fondo del mar. Sin embargo, el interés principal de la discusión estuvo centrado en la posibilidad de que los derramamientos de petróleo y la contaminación del mismo, puedan afectar el clima. La respuesta que se dio a esta cuestión es que cualquiera de estos dos efectos serían despreciables; la delgada capa de petróleo no tiene prácticamente efectos sobre la evaporación, el albedo o el coeficiente de rozamiento y las capas de más espesor se producen de forma local y tienen una duración limitada. Ni que decir tiene, que aun cuando la contaminación del petróleo pueda no tener consecuencias en relación con los cambios de clima, constituye un factor muy importante y perjudicial para la ecología marina.

La economía y los aspectos sociales

Los esfuerzos para describir y valorar los impactos del cambio de clima sobre las actividades económicas y sociales, dio lugar a una discusión de gran interés. Algunos meteorólogos criticaron duramente, con fundamentos técnicos, las hipótesis hechas por los economistas y los métodos estadísticos empleados, afirmando que en los resultados presentados debía haber grandes ambigüedades. Sin embargo, también se indicó que

los propios meteorólogos no eran ajenos a estas hipótesis dudosas y no eludieron los problemas prácticos de complejidad tal, que hace que la confianza en las soluciones sea bastante restringida.

En general, los esfuerzos preliminares para valorar los impactos económicos de los cambios de clima y, fueron recibidos, puesto que ya se han publicado datos y análisis estadísticos, existe la oportunidad de examinar los métodos empleados y mejorarlos o ampliarlos.

Se señaló que el coste o el beneficio de la variabilidad del clima repercute desigualmente sobre los diferentes sectores sociales y económicos de la comunidad y que será difícil restablecer la equidad. Podría ensayarse un método práctico para identificar, región por región, los que han ganado y los que han perdido, como resultado de un cambio particular del clima. Luego serían necesarias decisiones para determinar en qué medida, los que hayan ganado debieran ayudar, en concepto de compensación, a los que hubiesen perdido. Otra gran dificultad en el análisis del coste/beneficio estriba en asignar un valor a la vida humana. Se acostumbra a tratar la cuestión indirectamente, intentando fijar primero las diversas posibilidades y luego considerar el coste que supone evitar a las poblaciones, los peligros adicionales que pudieran derivar de un cambio de clima.

Los primeros trabajos teóricos sobre el desarrollo económico y social han tenido en cuenta, poco o nada, el cambio climático, seguramente, porque se creía que el clima era constante. Actualmente, se están haciendo esfuerzos para considerar el medio ambiente en los estudios socio-económicos; los artífices de la política, probablemente, presentarán un cierto número de sistemas alternativos, de los cuales pocos estarán libres de posibles conflictos regionales o de clase. Los gobiernos enfrentados a opciones específicas, deberían comprender que tienen a su disposición los mejores consejos e información. Por tanto, se indicó que podrían obtenerse ventajas, particularmente respecto a la objetividad, si estos estudios fuesen organizados internacionalmente.

Un punto interesante fue que en varios documentos específicos, que tratan de los numerosos aspectos del cambio de clima, se llegó a la conclusión de que no existe una necesidad *inmediata* de regular las actividades humanas, para evitar los efectos adversos del clima. Evidentemente, es de especial interés, el hecho de que un estudio económico haya llegado a una conclusión similar.

También hubo un gran debate sobre la respuesta humana, a largo plazo, frente a los fenómenos periódicos, potencialmente desastrosos, tales como las sequías, las inundaciones, los ciclones tropicales y los tornados. Los acontecimientos excepcionales de esta naturaleza son también rasgos del clima y debieran tenerse en cuenta a la hora de efectuar una adecuada planificación nacional o regional. Se debe realizar cualquier esfuerzo para reducir al mínimo las pérdidas de vidas, pero con respecto a los daños industriales y de otro tipo, debemos considerar que las ambiciosas tentativas para mitigar los desastres naturales, no demuestra que ésta sea la mejor estrategia. En algunas situaciones, la comunidad puede pasarle mejor, aceptando una pérdida ocasional, que gastando sus escasos recursos, con el fin de prevenir su repetición.

EL SISTEMA MUNDIAL DE CONTROL AMBIENTAL

Por C.C. WALLÉN *

Aunque las actividades, coordinadas a nivel internacional, para el acopio de datos

* El Dr. Wallén es Director Adjunto del Sistema Mundial de Control Ambiental.