

faltan con frecuencia. Aún no se dispone de tablas de valores normales para muchas estaciones. En particular sería útil tener los valores normales para las horas sinópticas. Los modelos existentes tienen que ser adaptados a cosechas específicas en terrenos específicos. El personal operativo puede que aún no esté familiarizado con la información disponible de tal sistema y los agrometeorólogos tienen que aprender la manera de presentar los datos que puede utilizar aquel personal. Esto hará necesario un enlace estrecho entre el personal operativo y los agrometeorólogos con el fin de explotar de la forma más adecuada la información obtenida del sistema.

En resumen, se deben destacar ocho puntos:

En el futuro, parece que el abastecimiento mundial de trigo resultará insuficiente con más frecuencia ante la demanda y las necesidades.

Estas variaciones con frecuentes déficits de trigo y excedentes ocasionales serán consecuencia de las condiciones variables del tiempo a escala global.

Existe una necesidad real de información previa sobre el estado de cultivo de las cosechas y su rendimiento potencial.

La producción de trigo se puede estimar sobre una base de tiempo real a partir de las observaciones del tiempo presente y tiempo pasado, con verdadera ventaja, en adelanto de tiempo y precisión, sobre las técnicas que no se basan en las condiciones del tiempo.

Las redes de la VMM proporcionan datos globales básicos y la mayoría de las redes meteorológicas nacionales proporcionan datos locales apropiados para las mencionadas estimaciones. En algunos casos se pueden hacer mejoras.

Varias naciones ya están explotando estas técnicas para su provecho.

Un sistema que sirva para dar información del tiempo global en relación con el rendimiento de las cosechas resulta necesario para la eficaz ejecución del programa que se ha propuesto bajo la denominación de *minimum world food security* (seguridad mínima mundial de alimentación).

Los esquemas de predicción del rendimiento de cosechas basados en el tiempo, aunque ya han tenido éxito en algunas naciones, están emergiendo de su infancia y aún es necesario un gran desarrollo de la investigación. Esta labor ha de continuar y ser fomentada tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Y finalmente, el último objetivo es tener un enlace electrónico directo entre el sistema de telecomunicación de la VMM y un ordenador que pueda programarse para poner de manifiesto las condiciones actuales de las cosechas y los rendimientos potenciales para cualquier parte del mundo en una pantalla de T.V. con sólo pulsar un botón.

FLUCTUACIONES CLIMATICAS: ESTUDIO DEL FENOMENO Y UTILIZACION DE MODELOS

Por J. KUTZBACH*

La combinación de una serie de circunstancias ha hecho que se concentre la atención sobre el estudio del clima y de su variabilidad. La produc-

* El Profesor Kutzbach, del Departamento de Meteorología de la Universidad de Wisconsin, está hoy actuando como asesor en la preparación de la Conferencia Internacional para el Estudio de las Bases Físicas del Clima y elaboración de Modelos Climáticos.

ción de alimentos no es en la actualidad adecuada para mantener convenientemente a la población mundial y, en consecuencia, el efecto que el tiempo y el clima ejercen sobre dicha producción ha adquirido una importancia creciente. De igual modo se ha puesto de manifiesto la sensibilidad que el consumo de energía y de agua tienen respecto a las fluctuaciones del tiempo y del clima. El hecho de que el clima de los años 60 y principios de los 70 difiera notablemente del existente en algunas décadas anteriores ha contribuido igualmente a admitir que el clima no puede ser considerado como una componente *fija* de nuestro medio ambiente. Existe la preocupación de que puedan influir sobre el clima mundial ciertos *efectos indirectos* de las actividades humanas (tales como la contaminación térmica, los cambios en el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera) — si no inmediatamente, sí posiblemente dentro de algunas décadas.

Nuestras crecientes demandas de una mejor comprensión del clima han sido satisfechas, al menos en parte, por el mejor conocimiento de los climas del pasado (estudios históricos), por las amplias posibilidades de análisis del clima presente y futuro y por los esfuerzos desarrollados para construir modelos numéricos para la simulación de los distintos climas. Este artículo presenta una visión selectiva de las fluctuaciones del clima observadas, sus supuestas causas y los esfuerzos realizados en la actualidad para comprender los fundamentos físicos del clima y su variabilidad.

Análisis del clima

El clima de la Tierra, como la Tierra misma, tiene una historia que se extiende sobre algunos miles de millones de años (10^9). Las fluctuaciones climáticas han tenido lugar en escalas de tiempo que van desde las más largas observables (10^8 a 10^9 años) hasta la variabilidad interdecadal (10^1 años) e interanual. Los procesos que tienen lugar en la atmósfera, océanos, criosfera (cubierta de nieve, hielos marinos, casquetes polares continentales), biosfera y litosfera, así como ciertos factores extraterrestres (tales como el Sol) se hallan incluidos en el sistema climático; sus constantes de tiempo van desde las de los fenómenos atmosféricos hasta cerca de los 10^8 a 10^9 años. Por ejemplo, el tiempo de permanencia del agua en los casquetes polares continentales es del orden de 10^4 a 10^5 años, de manera que sería necesario un registro climático de, por la menos, 10^5 años para caracterizar estadísticamente el clima de nuestra actual edad de los glaciares. Es evidente que los registros instrumentales (cuyo alcance es del orden de 10^2 años) resultan inadecuados para este fin. Para obtener una perspectiva, con respecto a las escalas de tiempo y espacio utilizadas en la variabilidad del clima, se han representado en la *figura 1* algunos acontecimientos climáticos estudiados históricamente y los cuales serán brevemente examinados en los párrafos siguientes.

El 90 por 100 primero de los registros climáticos es muy incompleto. Las pruebas parciales nos sugieren una evolución compleja de la atmósfera, los océanos, la configuración de los continentes y la vegetación.

El 10 por 100 más reciente de los registros climáticos, los conocimientos de la extensión del fondo del mar y de la deriva de los continentes, están proporcionando estimaciones cada vez más precisas de la posición de los continentes y océanos. Debido a que la distribución de las

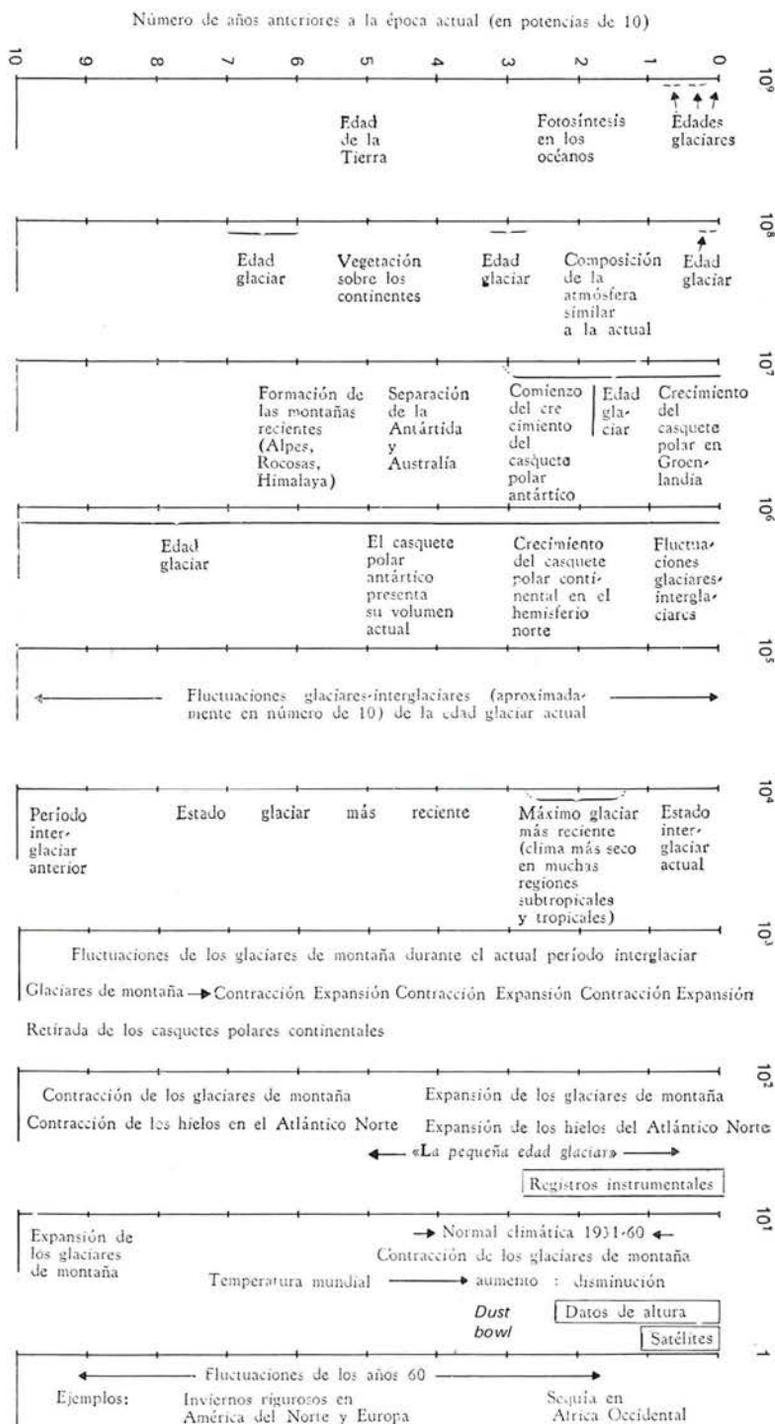


Figura 1. Ejemplos de fluctuaciones climáticas según escalas de tiempo que van desde 10⁹ hasta 1 años. Cada columna sucesiva, de izquierda a derecha, es una versión ampliada (multiplicada por diez) de la décima parte superior de la columna anterior.

tierras y mares tiene gran influencia sobre el clima, esta información es esencial para su comprensión cuantitativa. Por ejemplo, puede ser que las edades glaciares sólo puedan desarrollarse cuando las masas continentales se encuentren en las latitudes polares. Las edades glaciares (es decir, los estados climáticos mundiales en los cuales existen vastos casquetes polares continentales) representan sólo una pequeña fracción de la historia climática de la Tierra (véase *figura 1*). Las edades glaciares, en el sentido utilizado aquí, pueden subdividirse en períodos de aumento o disminución de los casquetes polares (períodos glaciares o interglaciares, respectivamente).

Los orígenes de la edad glacial actual pueden ser marcados, al menos en parte, por acontecimientos tales como el movimiento gradual del continente antártico hacia la posición circumpolar aislada que actualmente ocupa (hace alrededor de cincuenta millones de años) y el gradual aislamiento de las aguas del océano Artico de los océanos de las latitudes medias por las masas continentales de América del Norte, Groenlandia y Eurasia. Los casquetes polares antárticos empezaron a formarse hace alrededor de treinta millones de años. A lo largo de los últimos millones de años, el casquete polar antártico ha tenido, aproximadamente, sus actuales dimensiones y aparecieron capas de hielo sobre los continentes adyacentes a la zona septentrional del Atlántico Norte. Las pruebas suministradas por los sedimentos de los fondos oceánicos indican que el océano Artico, o por lo menos gran parte del mismo, ha estado cubierto por el hielo durante el último millón de años.

Durante la edad glacial actual, los casquetes polares continentales han variado considerablemente en extensión (cubriendo alrededor de un 3 por 100 y un 9 por 100 de la superficie terrestre durante los estados glaciares e interglaciares, respectivamente), así como en volumen (estando en la relación de 1 a 3 entre los estados interglaciares a los glaciares). Estas fluctuaciones han ido acompañadas de variaciones en el nivel del mar de cerca de 100 metros (Flint, 1971*). Durante el último millón de años los avances hacia el ecuador y subsiguientes retrocesos hacia los polos de los casquetes polares, han ocurrido por lo menos en siete ocasiones (Schackleton *et al.* 1973). La mayor parte de esta información ha sido obtenida de las muestras de sedimentos extraídos del fondo del mar o del interior de los hielos recogidos en Groenlandia y en la Antártida (Dansgaard *et al.*, 1971). Se están utilizando redes de recogida de sedimentos oceánicos para deducir las configuraciones espaciales de la temperatura de la superficie del mar en el pasado, en épocas seleccionadas, lo que permitirá estimar como era la circulación oceánica, el transporte de calor en el océano y la circulación atmosférica asociada (McIntyre *et al.*, 1974).

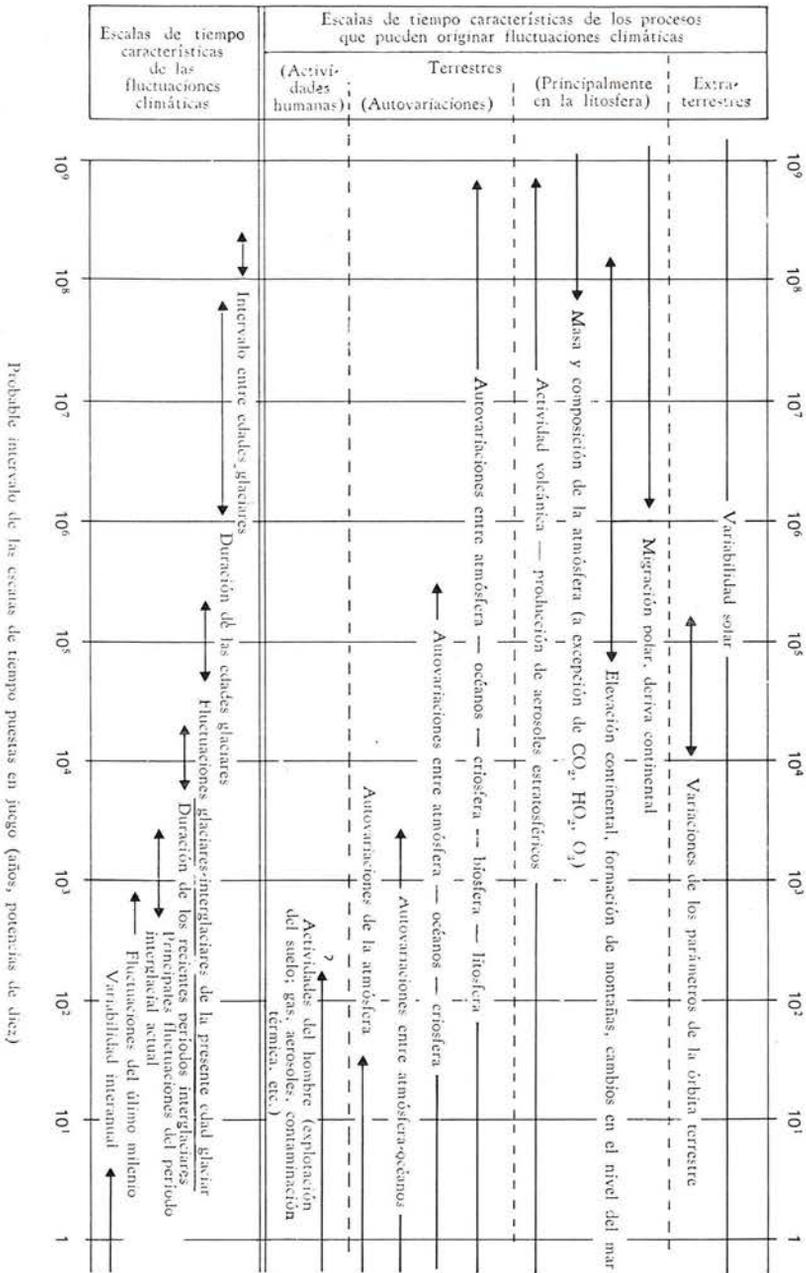
Las fluctuaciones glaciares-interglaciares de la actual edad de los glaciares han ocurrido a través de 70.000 a 120.000 años. Los estados interglaciares han sido relativamente breves (alrededor de 10.000 años) y las transiciones entre los estados glaciares e interglaciares han sido generalmente bruscas. Puesto que el actual estado interglacial tiene ya una duración de cerca de 10.000 años, existen en la actualidad serias consideraciones científicas de la pregunta: «¿Cuándo y cómo terminará? (Kukla *et al.*, 1972).

* Ver las referencias Bibliográficas en las páginas 205 y 206.

Mientras que el clima en las latitudes medias y polares durante los estados glaciares e interglaciares, puede deducirse de la posición y extensión de los casquetes polares, el de los subtrópicos y trópicos, para las mismas épocas, es menos conocido; sin embargo, se han conseguido pruebas de la existencia de condiciones de sequía durante el último estado glacial y de condiciones húmedas durante los estados interglaciares, para amplias zonas de los trópicos y subtrópicos (Singh *et al.*, 1972, van der Hammen, 1973).

El presente estado interglacial puede subdividirse en algunos estados climáticos claramente diferenciados. Las diferencias entre estos estados son menores que las diferencias glaciares-interglaciares, pero han quedado impresas sobre la tierra, su vegetación y las distintas civilizaciones y, bajo este aspecto, representan indicaciones de cambios importantes (Wendland *et al.*, 1974). Una vigilancia a escala mundial de los glaciares de montaña (Denton *et al.*, 1973) ha permitido identificar tres períodos de expansión glacial (cada uno de alrededor de 1000 a 2000 años de duración) y tres períodos de contracción glacial (cada uno de alrededor de 1500 años de duración) en los últimos 8000 años. Existen pruebas de cambios característicos en la vegetación de las latitudes polares, medias y tropicales, deducidas principalmente del análisis del polen depositado en los lagos y ciénagas. Estos cambios han tenido lugar más marcadamente en las zonas de transición que separan regiones climáticas y bióticas. Por ejemplo, la línea de árboles que separa, en la parte oriental de América del Norte, la tundra de los bosques boreales, se trasladó hacia el ecuador (en algunos cientos de kilómetros en varios lugares) durante los períodos de expansión de los glaciares de montaña; de igual modo, la zona de transición del desierto a la estepa, en el noroeste de la India, se desplazó hacia el ecuador y hacia el polo de forma aproximadamente sincrónica con las expansiones y contracciones de los glaciares de montaña en el curso de los últimos 4000 años.

Para escalas de tiempo más cortas, los últimos 1000 años pueden dividirse en un período glacial de cerca de 500 años, después expansión glacial desde el año 1500 al 1900 aproximadamente y otro breve período de recesión glacial (1925-1960) seguido en muchas regiones por una nueva expansión. Es importante resaltar a este respecto que el período de referencia elegido para calcular los valores *normales* climatológicos (1931-1960), puede haber sido el de clima más *anormal* de los pasados 100 años y quizá de los últimos 1000 años (Bryson & Hare, 1974). Se utilizan una gran variedad de técnicas de supervisión independientes unas de otras para el estudio de los registros climáticos de algunos cientos de años, los más próximos, como: registros instrumentales y descripciones escritas (Lamb, 1972), corazonas de árboles (Fritts *et al.*, 1971; La Marche, 1974), capas de hielo superpuestas anualmente procedentes de Groenlandia y la Antártica y núcleos de los sedimentos lacustres superpuestos anualmente. Las fluctuaciones típicas de las variables climáticas medias para treinta años con respecto a algunos cientos de años anteriores, deducidas por Lamb de los registros instrumentales y descripciones escritas para largos períodos de tiempo, son como sigue: las principales características de la circulación (tales como los centros de las depresiones subpolares y de los anticiclones subtropicales, y la zona de convergencia intertropical) han variado de ± 1 a 2 grados de latitud con respecto a los valores *normales* actuales; la posición de las vaguadas y dorsales de las latitudes medias han variado en



Probable intervalo de las escalas de tiempo puestas en juego (años, potencias de diez.)

Figura 2. Ejemplos de procesos que pueden originar fluctuaciones climáticas (parte superior) y escalas de tiempo características de las fluctuaciones climáticas observadas (parte inferior). Revisada y adaptada de Mitchell (1965-1968).

± 10 a 20 grados de longitud, y las regiones a escala sinóptica (es decir de 10^6 km²) han experimentado variaciones de temperatura de ± 1 a 2 °C y variaciones de precipitación del ± 10 al 20 por 100. Aunque estas fluctuaciones puedan parecer de poca importancia, son altamente significativas con respecto a las producciones agrícolas y a los recursos hídricos; se sabe que han tenido lugar fluctuaciones mucho más amplias para períodos de tiempo más cortos. No se encuentran suficientemente documentadas las variaciones climáticas correspondientes en los trópicos y subtrópicos.

Los registros instrumentales de los últimos 100 años han suministrado un control directo de la temperatura media del globo (Mitchell, 1963) y de las fluctuaciones en la circulación (Lamb, 1969; Kutzbach, 1970). Así, por ejemplo, el clima de principios de los años 60 ha sido generalmente más frío en las latitudes medias y ha estado acompañado por condiciones más secas a lo largo de los límites septentrionales de las tierras de Africa y Asia (Lamb, 1969; Winstanley, 1973; Bryson, 1973); una situación semejante a algunas de las fluctuaciones a largo plazo de los pasados 10.000 años descritas anteriormente. Más recientemente, están empezando a aparecer análisis climáticos detallados basados en los datos aerológicos (Starr *et al.*, 1973) y en las medidas del balance calorífico planetario proporcionadas por los satélites (Vonder Haar *et al.*, 1971).

Aun cuando los estudios históricos puedan recobrar algunas pruebas de los climas pasados, es esencial comenzar a vigilar los distintos componentes del sistema climático — atmósfera, océanos, criosfera, biosfera, litosfera — de manera más sistemática y cuantitativa (SCOPE, 1973).

Causas posibles de la variabilidad del clima

Se han supuesto como posibles causas de las fluctuaciones climáticas muchos procesos extraterrestres y terrestres. La mayor parte de estas hipótesis han sido formuladas en relación con los estudios que comprueban los climas pasados. Mitchell (1965, 1968) ha establecido la lista de un gran número de estas hipótesis; una versión ligeramente revisada de esta lista es ofrecida en la *Figura 2* y descrita brevemente al pie. Las escalas de tiempo de los estados climáticos observados (según *Figura 1*) aparecen también resumidas en la *Figura 2*. La lista de los procesos terrestres ha sido subdividida en tres categorías: procesos que tienen lugar en la litosfera, autovariación (incluyendo procesos de interacción no lineales) de algunas porciones del sistema climático y procesos relacionados con las actividades del hombre. Aunque esta lista no está completa, es suficientemente larga como para dar una idea de la multitud de posibilidades existentes; así por ejemplo, por lo menos seis procesos pueden ser la causa de las fluctuaciones glaciares-interglaciares del último millón de años. Por supuesto que el problema es aún más complejo, ya que ciertos procesos pueden verificarse simultáneamente o en forma sucesiva. Además las reacciones del clima a un proceso, capaz de influir sobre él, puede depender de su estado *inicial* particular el cual, a su vez, dependerá de los estados climáticos anteriores a causa de las amplias constantes de tiempo de océanos, biosfera, litosfera y criosfera. Como indicó Mitchell (1971), pueden no existir verdaderos estados de equilibrio y que el sistema climático se encuentre en un estado continuo de adaptación transitoria. Lorenz (1970) ha examinado todavía otra complicación como es el que el sistema climático es

tan complejo que los estados climáticos sucesivos podrían ser compatibles con un conjunto dado de condiciones límites (intravisitividad). De este modo podría ser extremadamente difícil asociar causas y efectos a partir de los registros de las observaciones climáticas y el valor que tendría el establecer modelos (capítulo siguiente) sería evidente.

Vamos a describir aquí, brevemente, la lista parcial de las posibles causas de las fluctuaciones (Figura 2); Mitchell (1965, 1968), Lamb (1972); Flohn (1969), o Monin (1972) ofrecen exámenes y referencias detalladas. Es posible que las variaciones en la radiación solar total hayan tenido lugar para todas las escalas de tiempo. En este caso, este hecho tendría ciertamente una influencia sobre el clima, ya que incluso pequeñas variaciones podrían ser muy importantes. Se ha observado una fluctuación en la radiancia para porciones limitadas del espectro solar, pero no ha podido ser relacionada claramente con la variabilidad del clima. Está claro, que si la variabilidad solar es una causa de la variabilidad climática, entonces debería predecirse el comportamiento del Sol para predecir el clima. Por otra parte, las variaciones de los parámetros de la órbita terrestre (excentricidad de la órbita con respecto al Sol, precesión e inclinación del eje de rotación con respecto al plano de la misma) se conocen con gran precisión tanto para el pasado como para el futuro. Estos mecanismos dan lugar a variaciones en la radiación incidentes, tanto en su reparto hemisférico y estacional como para su distribución en latitud; ellos actúan en escalas de tiempo comparables a las de las fluctuaciones glaciares-interglaciares de los últimos millones de años.

Ya se ha mencionado el papel del movimiento de la litosfera —expansión de los fondos marinos y deriva de los continentes— en relación con el comienzo de la actual edad glacial. Los procesos asociados de hundimiento de las masas continentales y de formación de montañas son igualmente importantes para largas escalas de tiempo. La actividad volcánica produce emisiones de gases y de partículas que dan lugar a capas persistentes de aerosoles en la estratosfera; éste puede haber sido un factor climatogénico para todas las escalas de tiempo. Si en consecuencia, largos períodos de aumento o disminución de la actividad volcánica parecen tener gran influencia, se puede pensar que una serie aislada o casual de acontecimientos volcánicos puede desencadenar un cambio climático seguido de autovariaciones durante un largo período.

Existen pruebas de que las fluctuaciones climáticas de los últimos 1000 años y, en menor escala, de los últimos 100 años podrían ser explicadas en parte por las variaciones en la actividad volcánica (véase Lamb, 1972), pero es necesario no olvidar las dificultades anteriormente mencionadas para diagnosticar las causas de la variabilidad del clima. Como se ha indicado con respecto a la variabilidad de la radiación solar, si la actividad volcánica resultara ser un importante mecanismo climatogénico la posible predicción del clima dependería de la predicción de las erupciones volcánicas.

Se ha señalado que los componentes del sistema climático (atmósfera, océanos, biosfera, criosfera, litosfera) están relacionados entre sí, por una serie de complejos procesos de interacción que actúan en escalas de tiempo que van desde 10^{-1} a 10^9 años. Los procesos de interacción no lineales pueden, en principio, producir oscilación o autovariación, del sistema com-

pleto en magnitud y variabilidad suficientes como para explicar cualquier cambio de clima observado. Aunque el sistema climático real no puede dividirse en distintos subsistemas, la *Figura 2* muestra cuatro ejemplos de sistemas climáticos en orden creciente de simplicidad. Tomando éstos en sentido inverso, la autovariación atmosférica queda supeditada a la variabilidad que podría existir para condiciones límites fijas sobre la tierra y las aguas, y el mejor ejemplo, quizá, nos lo ofrecen los actuales modelos de la circulación general, los cuales, si se integran durante muchos años con condiciones límites fijas, dan soluciones un poco diferentes para cada año. Se estudia actualmente la importancia que puede tener una autovariación atmósfera-océano, de corta duración, actuando sobre las capas superiores del océano (Namias, 1972). Para escalas de tiempo más largas (10^4 — 10^5 años), se piensa que las autovariaciones atmósfera-océano-criosfera pueden ser una posible causa de las fluctuaciones glaciares-interglaciares. Nos proporcionan ejemplos, las bruscas variaciones periódicas del casquete polar Antártico (Wilson, 1964) y las fluctuaciones en los hielos del océano Artico (Donn, *et al.*, 1966; Weyl, 1968). La autovariación del conjunto del sistema (es decir, con inclusión de la biosfera y la litosfera) nos lleva a nuevas complicaciones tales como los cambios de CO_2 dentro del sistema total (Plass, 1956), las variaciones en los aerosoles atmosféricos relacionados con cambios producidos en la superficie de la tierra y en la vegetación.

La última categoría, la posible influencia del hombre, incluye la variación del CO_2 en la composición de la atmósfera, la cantidad de aerosoles, la utilización del suelo y la contaminación debida al calor perdido. Estos temas han sido tratados detalladamente por el SMIC (1971) y por Flohn (1970) en un número anterior del *Boletín de la OMM*.

Estudios sobre las bases físicas del clima y su variabilidad.

Las secciones anteriores nos muestran la complejidad del sistema climático, las amplitudes y las escalas de tiempo y espacio de las fluctuaciones climáticas naturales y del gran número de procesos que se encuentran relacionados. Las investigaciones relativas a establecer modelos de observaciones, teóricos y numéricos, deben estar integradas de manera que sea posible llegar a una mejor comprensión del clima.

Por otro lado, las dificultades de aunar los subsistemas climáticos, hace preciso estudiar las interacciones que ejercen unos sobre otros. Los modelos numéricos juegan un papel clave a este respecto, ya que una buena concepción experimental puede, al menos en principio, permitir estudiar las reacciones del clima para determinadas perturbaciones. Ya se han utilizado para este fin modelos climáticos simplificados (ver, por ejemplo Budyko, 1969) y modelos integrados océano-criosfera-atmósfera (ver, por ejemplo, Manabe *et al.*, 1969) están desarrollándose para ser utilizados con esta intención. Por otra parte, el número de procesos climáticos posibles es tan grande que resulta también esencial un estudio diagnosticado de los climas pasados y presentes para formular y verificar las hipótesis. Además, los registros climáticos del pasado pueden proporcionar una serie de datos que permitan la comprobación de los modelos climáticos.

Como se expuso recientemente en el *Boletín* (Döös, 1974), la OMM y el CIUC, están organizando actualmente, por recomendación del Comité Mixto de organización del GARP y con el apoyo del PNUD, una Conferencia Internacional sobre el estudio de las bases físicas del clima y el establecimiento de modelos climáticos, que tendrá lugar en Estocolmo del 29 de julio al 9 de agosto de 1974. Los objetivos principales de esta conferencia son los siguientes: definir los métodos reales y razonables para el establecimiento de modelos climáticos; proponer la prosecución de estudios sobre la sensibilidad del clima a los diferentes tipos de factores exteriores (humanos o naturales); efectuar las observaciones necesarias para el estudio de los procesos, su vigilancia y la verificación de modelos; establecer un plan para la puesta en marcha del segundo objetivo del GARP. Los debates de la conferencia se limitarán a los procesos que pueden jugar un papel en las fluctuaciones interanuales de la circulación general de la atmósfera y en las variaciones del clima, sobre periodos que pueden abarcar hasta aproximadamente 100.000 años y englobar, en consecuencia, los problemas de las fluctuaciones glaciares-interglaciares, excluyendo las modificaciones que afectan a períodos más largos.

Dentro del tema del establecimiento de modelos numéricos sobre las interacciones atmósfera-océano-criosfera-biosfera-superficie del suelo, diversos grupos de la conferencia examinarán, aparte de la concepción general de modelos, ciertas cuestiones especiales, tales como: dinámica y termodinámica de los movimientos de la atmósfera; circulación oceánica; bancos y capas de hielo continentales; procesos físicos y químicos de los gases y aerosoles responsables de la transferencia de la radiación a través de la atmósfera y procesos físicos, químicos y biológicos en la superficie de los continentes o en los océanos y que aseguran su acoplamiento con la atmósfera. La conferencia examinará, asimismo, las técnicas de observaciones espaciales y desde el suelo para la medida de las cantidades relativas en la determinación de los procesos físicos que intervienen en las fluctuaciones climáticas. Diversos programas del GARP y programas oceanográficos internacionales podrían contribuir a una mejor comprensión de estos procesos. En fin, se ocupará de los riesgos de observaciones que puedan presentar una importancia particular para la vigilancia a largo plazo del clima a escala mundial.

Conclusiones

Teniendo en cuenta la influencia del clima sobre el hombre, a la que se ha hecho alusión al comienzo del artículo, es evidente que resulta indispensable una colaboración internacional para conseguir una mejor comprensión de las bases físicas de la variabilidad del clima. El programa de investigación permitirá no sólo entrever en qué medida es posible o imposible predecir las fluctuaciones naturales de un año a otro y las fluctuaciones climáticas, sino también evaluar de un modo más racional la influencia que las actividades humanas pueden tener sobre el clima. Paralelamente podrán aplicarse más los conocimientos actuales sobre el clima en los problemas humanos. Los registros sobre las amplitudes y las escales de tiempo y de espacio de las fluctuaciones climáticas naturales deben ocupar un papel más importante en la definición del clima, y las diversas influencias primordiales de estas fluctuaciones deberán ser evaluadas cuantitativamente. Atendiendo a las fluctuaciones naturales

de un año a otro y las fluctuaciones climáticas a corto plazo, se impone encontrar los medios de actuación de manera que las actividades humanas (producción alimenticia, entre otras), sean menos sensibles a las fluctuaciones de este tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRYSON, R. A. (1973): *Drought in Sahelía*, *Ecologist*, 3, 10, 366-371.
- BNYSON, R. A. y HARE, F. K. (1974): *The Climates of North America*. De *World Survey of Climatology*, Vol. 11, Elsevier, págs. 1—46.
- BUDYKO, M. I. (1969): *The effect of solar radiation variations on the climate of the earth*. *Tellus*, 21, 611-619.
- DANSGAARD, W. S., JOHNSEN, S. J., CLAUSEN, H. B. y LANGWAY, C. C., Jr. (1971): *Climatic record reveled by the Camp Century ice*. De *Late Cenozoic Glacial Ages*, ed K. Turekian, Yale University Press, págs. 37—56.
- DENTON, G. H. y KARLÉN, W. (1973): *Holocene climatic variations — their pattern and possible cause*. *Quat. Res.*, 3, 155-206.
- DONN, U. L. y EWING, M. (1966): *A theory of ice ages*. *Science*, 152, 1706.
- DÖÖS, B. R. (1974): *International study conference on the physical basis of climate and climate modelling*. *Bol. OMM*, 23, 1, 39-40.
- FLINT, R. F. (1971): *Glacial and Quaternary Geology*, Wiley, New York, pág. 892
- FLOHN, H. (1969): *Ein geophysikalisches Eiszeit-Modell*, *Eiszeitalter und Gegenwart*, 20, 204-231.
- FLOHN, H. (1970): *Climatology — descriptive or physical science?* *Boletín OMM*. 19, 4, 223-228.
- FRITTS, H. C. et al. (1971): *Multivariate techniques for specifying tree-growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate*. *J. Appl. Meteor*, 10, 845-864.
- VAN DER HAMMEN, T. (1973): No editado.
- KUKLA, G. J., MATTHEWS, R. K., y MITCHELL, J. M., Jr. (1972): *The end of the present interglacial*. *Quat. Res.*, 2, 261-269.
- KUTZBACH, J. E. (1970): *Large-scale features of monthly mean northern hemisphere anomaly maps of sea-level pressure*. *Mon. Weath. Rev.* 98, 9, 708—716.
- LAMB, H. H. (1969): *Climatic fluctuations*. De *World Survey of Climatology*, ed. H. Flohn, Vol. 2, Elsevier, págs. 173—249.
- LAMB, H. H. (1972): *Climate — Present, Past and Future*, Vol. 1, *Fundamentals and Climate Now*, Methuen, págs. 648.
- LA MARCHE, V. C., Jr. (1974): *Paleoclimatic inferences from long tree-ring records*. *Science*, 183, 1043—1048.
- LORENZ, E. N. (1970): *Climatic change as a mathematical problem*. *J. Appl. Meteor.* 9, 235-239.
- MANABE, S. y BRYAN, K. (1969): *Climatic calculations with a combined ocean-atmosphere model*. *J. Atmos. Sci.* 26, 786-789.
- MCINTYRE, A. et al. (1974): *The glacial North Atlantic 18,000 years ago, a CLIMAP reconstruction*. *Geol. Soc. Amer. Special Paper*.
- MITCHELL, J. M., Jr. (1963): *On the world-wide pattern of secular temperature change*. De *Changes of Climate*, *Arid Zone Research* 20, 161-181, Unesco, Paris.
- MITCHELL, J. M., Jr. (1965): *Theoretical paleoclimatology*. De *Quaternary de los Estados Unidos*, ed M. Wright y D. Frey, Princeton University Press, págs. 881—901.

- MITCHELL, J. M., Jr. (1968): Concluding remarks in *Causes of climatic change*. Meteor. Monograph, 8, 155—159.
- MITCHELL, J. M., Jr. (1971): *The problem of climatic change and its causes*. De Man's Impact on Climate, ed W. U. Matthews et al. MIT, Cambridge, Mass., págs. 133—140.
- MONIN, A. S. (1972): *Weather Forecasting as a Problem in Physics*. MIT Press, Cambridge Mass 199 pp (Trad. de *Prognoz pogody kak zadacha fizika*, Nauka Publ. Co. Moscow, 1969).
- NAMIAS, J. (1972): *Large-scale and long-term fluctuations in some atmospheric and oceanic variables*. Nobel Symposium 20, ed. D. Dryssen y D. Jagner, Wiley, págs. 27—48.
- PLASS, G. N. (1956): *The carbon dioxide theory climatic change*. Tellus, 8, 140—154.
- SCOPE (1973): *Global environmental monitoring system (GEMS)*. Action Plan for Phase I, por R. E. Munn, SCOPE Report 3, CIUC, 130 págs.
- SHACKLETON, N. J. y OPDYKE, N. D. (1973): *Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core*, V28-238. Quat. Res. 3, 39—55.
- SINGH, G. D. et al. (1972): *Stratigraphic and radiocarbon evidence for the age and development of three salt lake deposits in Rajasthan, India*. Quat. Res. 2, 496-505.
- SMIC (1971): *Study of Man's Impact on Climate*. Inadvertent climate modification, MIT Press, Cambridge, Mass págs. 308.
- STARR, V. P. y OORT, A. H. (1973): *Five-year climatic trend for the northern hemisphere*. Nature, 242, 310-313.
- VONDER HAAR, T. H. y SUOMI, V. E. (1971): *Measurements of the earth's radiation budget from satellites during a five-year period*. J. Atmos. Sci., 28, 305—314.
- WENDLAND, W. M. y BRYSON, R. A. (1974): *Dating climatic episodes of the Holocene*. Quat. Res. 4, 9—24.
- WEYL, P. K. (1968): *The role of the oceans in climatic change: a theory of the ice ages*. Meteor. Monograph, 8, 37—62.
- WILSON, A. T. (1964): *Origin of ice ages: an ice shelf theory for Pleistocene glaciation*. Nature, 201, 147—149.
- WINSTANLEY, D. (1973): *Rainfall patterns and general atmospheric circulation*. Nature, 245, 190—194.

ASOCIACION REGIONAL DEL SUROESTE DEL PACIFICO

SEXTA REUNION, MANILA, FEBRERO DE 1974

Por invitación del Gobierno de Filipinas, se celebró en Manila la sexta reunión de la Asociación Regional V (Suroeste del Pacífico) del 11 al 20 de febrero de 1974. La reunión estuvo presidida por el S. K. Rajendram (Singapur). Entre los 37 participantes se encontraban 25 delegados, 5 observadores y un experto invitado procedente de Papua — Nueva Guinea. En nombre del Honorable Secretario, Alejandro Melchor, pronunció el discurso de apertura el Sr. Ramón Cárdenas, Secretario Ejecutivo Adjunto de Desarrollo, en representación del Gobierno de la República de Filipinas. Llamó la atención sobre los catastróficos efectos de los tifones en su patria y en otros países de la Región y resaltó la necesidad de aunar esfuerzos para mitigar los daños producidos por estos tifones y de realizar estudios sobre los posibles beneficios de los experimentos sobre modificación de tifones. El Sr. Rajendram, presidente de la AR V, y el