

del orden de 960 millones de dólares EE. UU. Para 1975 la cifra será aproximadamente de 2.000 millones de dólares EE. UU.

### *Conclusión*

En este artículo se ha hecho un intento de estimar el orden de magnitud del desembolso gubernamental total en meteorología en 1965 y de la proporción anual de crecimiento de este desembolso durante el período 1950-1965. Se podían haber usado métodos más artificiales para obtener resultados aparentemente más exactos pero es dudoso, en vista de la naturaleza aproximada de los datos disponibles, que ello hubiese estado justificado en la actual situación. Se espera que los resultados aproximados como son, sean de valor para los directores de Servicios Meteorológicos, especialmente con vistas a sus esfuerzos para obtener un aumento de ayuda de sus gobiernos para llevar a cabo el plan de la Vigilancia Meteorológica Mundial. Será interesante, a su debido tiempo, ver qué efectos tienen las actividades de la Vigilancia Meteorológica Mundial en la proporción de aumento del desembolso gubernamental en meteorología. Una cuestión íntimamente relacionada, pero fuera del alcance de este artículo, es comparar estos desembolsos con los beneficios que a los países les proporcionan sus Servicios Meteorológicos. Si tomamos la cifra de 16.900 millones de dólares EE. UU., citada en el informe de planificación de la VMM núm. 4, como una indicación del orden de magnitud de los beneficios anuales que a la economía mundial pueden reportar un sistema de satélites de observación y predicción del tiempo, puede verse que incluso un desembolso anual global en meteorología de 2.000 millones de dólares EE. UU., proyectados para 1975, estaría más que justificado.

O. M. A.

## **ORGANIZACION DEL PRIMER EXPERIMENTO MUNDIAL DEL GARP**

En la primera reunión del Comité Conjunto de Organización del GARP (véase *Boletín*, Vol. XVII, N.º 3, pág. 94 y sigs.), resultó evidente que el CCO carecía de las informaciones necesarias para hacer una recomendación determinada referente a la primera experiencia del GARP a escala mundial. Ni la fecha exacta ni las características detalladas del experimento podrían determinarse a partir de la información de que disponía por entonces el CCO.

Las exigencias generales para poder efectuar un experimento a escala mundial quedaron determinadas en el informe de la Conferencia de Estudio del GARP (véase *Boletín*, Vol. XVI, N.º 4, pág. 212). Ulteriores perfeccionamientos en el establecimiento de los datos exigidos tendrán que esperar a los resultados de los experimentos numéricos. Por otra parte, las magníficas contribuciones que a dicha Conferencia aportó el Grupo VI de Trabajo del Comité para las investigaciones espaciales (COSPAR) del CIUC, que han sido tan encarecidamente apreciadas por el CCO, habían determinado los límites de lo que se consideraba posible en la época en que se pensaba que se efectuaría el primer experimento mundial del GARP. Sin embargo, antes de hacer recomendaciones definitivas acerca del tipo y de la fecha de un experimento mundial, se necesitaba una información mucho más detallada sobre las características de los nuevos métodos de observación recientemente ensayados o en examen. El CCO decidió actuar en dos direc-

ciones: Primero, solicitó un informe del Grupo VI de Trabajo del COSPAR *conteniendo una valoración crítica de las instalaciones de observación desde los satélites, incluyendo las que se han creado recientemente, las que se encuentran en la etapa de organización y las que, posiblemente, podrán ser realizadas en el futuro.* También fue invitado el presidente de la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO) *a tomar las decisiones adecuadas en relación con los equipos de instrumentos no relacionados con los satélites.* En segundo lugar organizó un grupo de trabajo sobre Experimentación Numérica para estudiar como problema de máxima urgencia, la determinación de los datos necesarios para el programa de observaciones del primer experimento a escala mundial del GARP.

### **Programa de experimentos numéricos**

El Grupo de trabajo sobre Experimentación numérica se reunió en Oslo los días 10 y 11 de julio de 1968. Desde el comienzo se señaló que su trabajo debería ser paralelo al del Grupo VI de trabajo del COSPAR y al de la CIMO. Esto queda claramente expuesto en el siguiente extracto de su informe final:

*Los requisitos de un sistema de observación a escala mundial que sea adecuado para cumplir los objetivos del GARP es una de las tareas más urgentes entre las que tiene el CCO entre manos. Hay un cierto número de preguntas que deben ser contestadas para que los técnicos puedan proyectar diversos sistemas alternativos. Un programa muy amplio de experimentos numéricos puede dar las respuestas. A su vez, es posible que se necesiten ciertas informaciones detalladas, suministradas por los tecnólogos, para poder realizar experimentos numéricos útiles. Es, por lo tanto, muy verosímil que se produzcan recíprocas y continuas influencias y relaciones entre los grupos que trabajan en los modelos atmosféricos y los que proyectan elementos de los sistemas de observación antes de llegar a una formulación satisfactoria de los requisitos necesarios para lo experimentos a escala mundial.*

Cualquier *sistema de observación* realista que pueda ser propuesto para su empleo en los años setenta será, necesariamente, una mezcla de varios *subsistemas* tales como radiosondas, radiovientos, satélites, globos equilibrados, estaciones terretres, ya sean atendidas por especialistas o automáticas, y boyas a la deriva. Cada uno de estos subsistemas contiene un cierto número de *componentes del sistema*, es decir, dispositivos de medida o de observación que suministrarán información concerniente a los valores de las variables independientes contenidas en el sistema de ecuaciones que define los modelos de la circulación atmosférica que se quiere comprobar.

Cada sistema particular de observaciones proporcionará un conjunto complejo de datos de características mixtas debidas a las diferencias en el modo de funcionar de los subsistemas correspondientes y al tipo particular de componentes del sistema que cada subsistema puede contener. Los resultados de cualquier sistema posible de observaciones que pueda ser realizado en el futuro próximo serán, de hecho, una mezcla de datos sinópticos y asinópticos: de mediciones de tipo Euleriano y de tipo casi Lagrangiano; de datos obtenidos por medida directa de los parámetros atmosféricos y de datos que tienen que ser deducidos de las observaciones; de datos obte-



nidos por medida continua y de datos obtenidos por medidas discontinuas, con separaciones espaciales y temporales variadas.

Puede haber notables diferencias en la representatividad y en la exactitud de las medidas de una misma variable efectuadas en diferentes regiones con diferentes componentes del sistema. Por ejemplo, la determinación de un mismo parámetro con diferentes métodos de medida puede producir datos que representen diversos tipos de valores promediados. Los vientos obtenidos mediante observaciones de radioviento son promedios de capas, mientras que los vectores viento obtenidos observando el desplazamiento de los elementos nubosos o con los globos de nivel constante son promedios casi horizontales a lo largo de la trayectoria. En regiones en donde hay rápidas variaciones de la cizalladura vertical del viento o bien intensas aceleraciones horizontales, ambos promedios pueden dar valores bastante diferentes del vector velocidad en un mismo punto.

Los comentarios anteriores pueden bastar para mostrar algunos de los problemas que encuentra el redactor de programas al establecer uno determinado de simulación numérica para obtener los requisitos de observación necesarios para un experimento del GARP. El número de variantes posibles es muy grande y algunas de ellas pueden no ser reales. Por otra parte, el programador puede querer elegir entre alternativas que son aceptables para los tecnólogos, pero que tienen un valor potencial diferente desde el punto de vista de los modelos que el programador quiere usar para describir y predecir la circulación general de la atmósfera.

El Grupo de trabajo sobre experimentación numérica consideró que el problema total podía ser descompuesto en un cierto número de sencillas y concretas cuestiones, que en el informe de la reunión recibieron el nombre de *elementos del problema*, y para cada una de las cuales se podrían proponer experimentos numéricos bien definidos a los diversos grupos de investigación que trabajan con modelos numéricos. Este conjunto preliminar de experimentos es bosquejado en el informe del grupo de trabajo. Están agrupados en cuatro categorías: Propiedades de los sistemas de observación; asimilación tetradimensional de los datos; dispersión de los globos, y comportamiento relativo de los diversos modelos.

El informe del grupo de trabajo ha sido distribuído ampliamente por los conductos oficiales de la OMM y del CIUC así como por contacto directo entre la Oficina Conjunta de Organización y los investigadores que trabajan en este campo. A las personas que recibieron el informe se les pidió también que indicaran si, y de qué modo, su servicio, instituto, o grupo de trabajo en investigación de modelos atmosféricos, podría contribuir a la empresa coordinada de experimentaciones individuales.

## **Grupo VI de trabajo del COSPAR**

La reunión especial del Grupo VI de Trabajo del COSPAR, celebrada en Londres del 9 al 15 de octubre de 1968, significó un paso importante hacia la definición del primer experimento mundial del GARP. El grupo aceptó gustoso la petición del CCO, anteriormente mencionada, y comprendió plenamente la decisiva influencia que su opinión técnica tendría sobre la recomendación que el CCO ha de hacer en su próxima reunión. Las tareas del

grupo se realizaron en dos etapas: Primero fue necesario disponer de un resumen al día del estado actual y de las perspectivas de la tecnología espacial relacionadas con las observaciones meteorológicas; esta tarea consistió en poner al día la completísima información proporcionada por el grupo a la Conferencia de Estudio del GARP (véase la Sección 4 y el Apéndice VIII del informe final de la conferencia). En segundo lugar el grupo analizó muy detalladamente el tipo de sistema de observaciones que podría satisfacer las exigencias de un experimento a escala mundial.

Los dos problemas principales son, evidentemente, la medida de los vientos y de las temperaturas. Respecto a los vientos, los informes sobre las experimentaciones EOLE y GHOST demuestran que los globos equilibrados podrían flotar durante lapsos razonablemente largos al nivel de 250 mb o superiores. A niveles más bajos el problema del engelamiento no ha sido resuelto y por ello no es aún económicamente factible el empleo de un sistema de globos troposféricos salvo a pequeñas altitudes (850 mb) en los trópicos. Otro problema es el de que con un sistema de seguimiento sencillo no es posible seguir a más de mil globos; métodos más complejos aumentarían en tres a cuatro veces el coste del equipo electrónico que debiera transportar cada globo. Luego la factibilidad económica del sistema depende de modo decisivo de la vida útil de los globos.

Las posibilidades de emplear las nubes como indicadores del viento ha mejorado grandemente desde la celebración de la Conferencia de estudio del GARP. Esto puede compensar las actuales limitaciones de los métodos de observación de los vientos troposféricos mediante el seguimiento de globos equilibrados. Se ha informado que la cámara de barrido giratorio del ATS puede suministrar informaciones precisas de los desplazamientos de las nubes empleando pares de fotografías tomadas en intervalos de 20 a 30 minutos. El nivel de la cima de la nube puede obtenerse a partir de las imágenes infrarrojas de gran definición, con tal de que se conozca el «perfil vertical» de temperaturas. El procedimiento requiere aún meteorólogos muy entrenados para descubrir los elementos nubosos que *pueden* ser empleados como indicadores del viento; se afirma que en realidad puede obtenerse una precisión de 2 m/seg o mejor. Aunque no hay todavía estadísticas, parece ser que pueden obtenerse gran número de valores de viento, al nivel de las nubes, en las zonas de 45° a 50° Norte y Sur, empleando un conjunto de satélites geoestacionarios.

En el campo de las temperaturas medidas desde las naves espaciales, parece ser que realmente pueden obtenerse perfiles verticales térmicos con una precisión de  $\pm 2^\circ \text{C}$  sobre la capa nubosa, empleando los radiómetros infrarrojos multicanales; sin embargo, el efecto de los cirros tenues sobre estas medidas es todavía asunto de controversia. Por otra parte, los radiómetros de microondas pueden observar a través de cirros poco espesos y aún de estratos compuestos por finas gotitas, pero es dudoso que se disponga de un instrumento debidamente comprobado y seguro para efectuar un experimento a escala mundial en 1973, a menos que se dé una gran prioridad al estudio de los restantes problemas técnicos.

Si sólo pueden utilizarse radiómetros infrarrojos en la época del primer experimento mundial, los satélites informarán, muy probablemente, de los vientos reinantes en la troposfera, pero no de los perfiles térmicos, en donde



haya nubes, y al revés en las regiones despejadas. En todo caso, está muy claro que los satélites y los globos equilibrados serían un subsistema del *sistema de observación mundial del GARP* y que las denominadas técnicas convencionales deberán ser una parte esencial del sistema.

El grupo de trabajo estudió varios sistemas espaciales alternativos que pueden utilizar al máximo las bien probadas técnicas de observación desde el espacio y que satisfacen las exigencias económicas y logísticas. El sistema fundamental que ha sido propuesto consta de:

- (a) Cuatro satélites geostacionarios. Estos transportarían radiómetros infrarrojos de gran poder de definición y radiómetros de luz visible. Permitirían la determinación de día y de noche de la altitud de las cimas nubosas (supuesta conocida la distribución vertical de temperaturas) y la medida de los desplazamientos de las nubes. Podrían también contener un relé de comunicaciones de dos sentidos para efectuar un enlace radioeléctrico con estaciones automáticas terrestres o con boyas a la deriva.
- (b) Dos satélites a baja altura, en órbitas casi polares. Transportarían radiómetros infrarrojos multicanales para determinar los perfiles de temperatura sobre la capa nubosa y un dispositivo para el seguimiento de los globos equilibrados.
- (c) Un satélite de baja altitud en órbita casi ecuatorial, para el seguimiento de los globos equilibrados.
- (d) Un sistema de 1.000 globos equilibrados distribuidos como sigue: 600 en un nivel estratosférico (150 ó 200 mb); 300 en latitudes intertropicales a 850 mb; 100 globos para experimentación. Los globos estratosféricos deberían llevar elementos sensibles a la presión y a la temperatura así como radioaltímetros.

### Organización futura y perspectivas

El año 1969 va a ser, indudablemente, un año decisivo para el GARP. El CCO se reunirá en Princeton a fines de enero y se ha comprometido a adoptar recomendaciones definitivas sobre el primer experimento del GARP a escala mundial. Los Comités Ejecutivos de la OMM y del CIUC se verán así, obligados a tomar graves decisiones. Si se quiere efectuar un experimento en 1973/74, habrá que desarrollar una serie completa de acciones, mutuamente encadenadas de un modo coordinado, y con un programa de tiempos más bien exigente, desde el instante en que el CCO haga sus recomendaciones, hasta que sean ejecutadas. Recorriendo la cadena de decisiones sucesivas, podemos empezar con la demanda de los técnicos de que necesitarán no menos de dos años y medio, desde la recepción del *avante todo* hasta que el sistema esté en funcionamiento. Esto quiere decir que, tanto la especificación completa del programa (¡con métodos técnicos probados!), como los fondos necesarios, deberán estar listos en 1971; lo cual exige que los presupuestos correspondientes sean aprobados en 1970 y que, por lo tanto, los países participantes habrán debido adoptar serios compromisos para compartir el sistema de observaciones internacional coordinado, en 1969. El problema clave es, evidentemente, el de los satélites. Suponiendo

que se acepte el programa de los siete satélites, ¿cuántos países contribuirán con naves espaciales? ¿Será posible llegar a un acuerdo sobre la instrumentación utilizable, de modo que se logre un sistema completo de características uniformes? Dado que son relativamente pocos los países que están en situación de participar en esta empresa, ¿querrán realizar este esfuerzo coordinado y comprometerse a un plan que puede significar cierta desviación de sus propios planes nacionales?

Nunca anteriormente se había emprendido un plan de cooperación internacional científica tan ambicioso como éste. Nunca anteriormente ha exigido un programa científico un esfuerzo tan completo de científicos y de técnicos, de investigadores y de instituciones nacionales, de administradores y de políticos, de organizadores nacionales y de organizaciones internacionales de coordinación.

Y ahora, son los países quienes deben responder.

R. V. GARCÍA

## LA ASOCIACION REGIONAL I (AFRICA) EN LAS PRIMERAS FASES DE LA VIGILANCIA METEOROLOGICA MUNDIAL

Por Mansour SECK

En un artículo titulado «*Vigilancia Meteorológica Mundial — Un medio de desarrollo acelerado*», publicado en el *Boletín de la OMM* en julio de 1966 (Vol. XV, N.º 3, págs. 128-131), el señor N. A. Akingbehin revisó las probables consecuencias económicas que resultarían del éxito de la VMM. Este aspecto fue discutido de nuevo con detalle en la conferencia de Ibadan (Nigeria) en septiembre de 1968 (véase pág. 41). Así pues, las autoridades gubernamentales africanas están convencidas ahora de que la VMM ha de jugar un papel primordial en el desarrollo económico de nuestros países. No me voy a extender, por tanto, sobre este punto en el presente escrito, cuyo objeto principal es hacer inventario de los problemas técnicos que se presentan en la Asociación Regional I y de los progresos realizados en dicha región durante los últimos años.

El éxito de la VMM depende esencialmente de los siguientes factores: capacitación del personal; establecimiento de estaciones de observación en superficie y aerológicas; tratamiento de datos; una buena red de telecomunicaciones, e investigación. Esto constituye el contenido de una resolución tomada por la Asociación Regional I en 1966 sobre los aspectos regionales de la VMM.

En agosto de 1968 tuve oportunidad de recorrer varios centros de la Región en visita oficial, resultando, como consecuencia de la misma, que parece necesario replantear los distintos problemas a nivel regional, especialmente con vistas a la VMM. Esto nos permitirá, después de examinar el grado de desarrollo alcanzado por la ejecución del proyecto en la AR I, juzgar del momento en que nos encontramos en relación con la fase inicial acordada por el Congreso de la OMM de 1967.

NOTA: El Sr. Seck es director del Servicio meteorológico de Senegal y ha sido presidente interino de la AR I desde mayo de 1967.