

bia. Se puede aprender mucho de los éxitos y fracasos de otras personas.

Boletín — ¿Le gustaría decir algo de su familia?

L. B. — Mi esposa Karin y yo llevamos 44 años casados. Nos conocimos en un baile de la universidad. Ella era lingüista y profesora pero, cuando nació nuestra primera hija, decidió quedarse en casa y estudiar y traducir. Le estoy inmensamente agradecido. Tenemos tres hijos, nacidos en seis años, y ahora seis nietos, y to-

dos viven en Inglaterra. Nuestros hijos son universitarios, pero están más interesados en los negocios o las humanidades que en la ciencia. Karin siempre nos apoyó maravillosamente, desde el principio, y se hubiera desilusionado si yo no hubiera hecho todo lo que quería.

Boletín — Muchas gracias por concedernos esta entrevista. Estoy seguro de que nuestros lectores estarán de acuerdo en que su entusiasmo es contagioso y su optimismo una fuente de inspiración.

El Primer Experimento Mundial del GARP: un modelo de cooperación internacional

Por Bo R. DÖÖS*

213

Primera planificación: el CIUC y la OMM unen sus fuerzas

Fue a mediados de la década de 1960 cuando se presentaron las primeras ideas para un experimento meteorológico mundial. Así, en 1966 la Academia de Ciencias de los EE.UU. publicó un informe preparado por un grupo de científicos que trataba el problema: "La Viabilidad de un Experimento Mundial de Observación y Análisis". Normalmente nos referimos a él como el "Informe Charney" (Charney et al., 1966).

En aquel momento ya había planes en marcha que producirían importantes desarrollos para la meteorología internacional. En 1961, la Asamblea General de las Naciones Unidas había adoptado la Resolución 1721, que pedía a la OMM que examinara la posibilidad de utilizar satélites en el espacio para los fines pacíficos de la meteorología. Esto llevó al inicio de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM).

En 1962, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la Resolución 1802 y pidió al Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) que, a través de sus uniones miembros y sus academias nacionales, desarrollara un programa ampliado de investigación científica atmosférica que complementara los programas promovidos por la OMM. Finalmente, esto dio como resultado, en 1967, la firma de un acuerdo por parte de las dos organizaciones para crear conjunta-

mente el Programa de Investigación de la Atmósfera Global (GARP). Brevemente, el objetivo principal de este programa era mejorar nuestro conocimiento de los procesos físicos que tienen lugar en la atmósfera y, de ese modo, posibilitar el aumento en la precisión de las predicciones meteorológicas.

El acuerdo entre las dos organizaciones incluía la decisión de crear un Comité Mixto de Organización (CMO) de la OMM y del CIUC que constaba de 12 científicos, y un pequeño Grupo Mixto de Planificación (GMP) a tiempo completo.

El mismo año se celebró en Skepparholmen, en Suecia, una Conferencia de Estudio sobre el Programa de Investigación de la Atmósfera Global, que resultó ser de importancia fundamental para esta nueva iniciativa internacional de investigación (OMM/CIUC, 1967). Entre los participantes invitados a esta conferencia había expertos en las nuevas tecnologías de observación meteorológica y científicos comprometidos en el desarrollo de modelos de predicción numérica del tiempo. En esta conferencia se esbozó por primera vez el plan para el experimento meteorológico mundial**.

** Se han utilizado muchos nombres para este experimento. Primero se le denominó como dos experimentos: un primer experimento mundial seguido de un experimento mundial completo (OMM/CIUC, 1967). Dos años después adquirió su nombre "oficial": el Primer Experimento Mundial del GARP (FGGE), (OMM/CIUC, 1969(a)). Muchos pensaban que era un nombre extraño, y sugirieron el de "El Experimento Meteorológico Mundial". En este artículo utilizaremos este nombre o El Experimento.

* Director del Grupo Mixto de Planificación del Programa de Investigación de la Atmósfera Global de la OMM/CIUC entre 1970 y 1982 y de la Oficina de Actividades del GARP de la OMM entre 1973 y 1982.

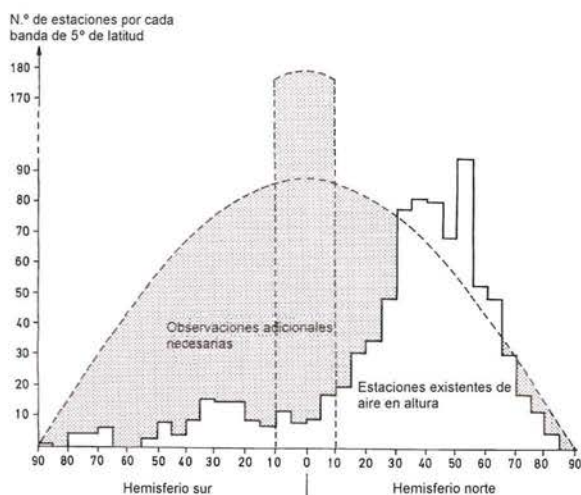


Figura 1 — Ilustración esquemática de la cantidad adicional de observaciones de aire en altura necesarias para satisfacer los requisitos de observación. La línea continua representa el número medio de estaciones de radiosondeo de la VMM disponibles para investigación a principios de la década de 1970. Las líneas discontinuas muestran el número de observaciones distribuidas uniformemente necesarias en cada banda de 5° de latitud para la resolución de 500 km en las regiones extratropicales, y de 350 km en los trópicos ecuatoriales.

- Se habían producido importantes avances en el desarrollo de ordenadores electrónicos de alta velocidad y se creía realista esperar que en unos pocos años serían lo suficientemente potentes como para hacer un uso valioso de los datos de los que se dispondría.

Por lo tanto, se acordaron los siguientes objetivos científicos del Experimento (OMM/CIUC, 1973):

- Obtener un mejor conocimiento del movimiento atmosférico para el desarrollo de modelos más reales de predicción a más largo plazo, estudios de circulación general y clima.
- Evaluar el límite último de predictibilidad de los sistemas meteorológicos.
- Desarrollar métodos más potentes de asimilación de observaciones meteorológicas y, en particular, para utilizar datos asíncronos como base para predecir el movimiento a gran escala.
- Diseñar un sistema de observación meteorológico compuesto óptimo para la predicción numérica del tiempo rutinaria de las características a gran escala de la circulación general.

Objetivos científicos: predicciones meteorológicas mejoradas

Básicamente, había tres razones que motivaban a proponer que se emprendiera un importante esfuerzo para obtener una base de datos verdaderamente mundial, y que hacían realista esta propuesta:

- Había una gran diferencia entre la capacidad existente para predecir el movimiento a gran escala de la atmósfera (unos pocos días) y el período de tiempo (entre una y dos semanas) en el que es teóricamente posible calcular una predicción útil (Lorenz, 1967).
- La aparición de los satélites de órbita terrestre ofrecía oportunidades sin precedentes de obtener observaciones meteorológicas mundiales, ya que había quedado claro que la falta de datos de observaciones suponía un importante obstáculo en el desarrollo de los modelos de predicción numérica del tiempo.

Diseño del sistema de observación: un proceso interactivo e iterativo

El diseño del sistema de observación para el Experimento Mundial puede caracterizarse como un proceso interactivo e iterativo, que implicaba buscar respuestas a las preguntas siguientes:

- ¿Qué precisión y qué resolución (horizontal y vertical) se necesitan en la especificación de las condiciones iniciales para la predicción numérica del tiempo?
- ¿Qué magnitudes suministran las componentes del sistema de observación individual y con qué precisión y resolución?
- ¿Qué probabilidad hay de aplicar las distintas propuestas para los sistemas de observación especiales?

Tabla I

Requisitos preliminares y definitivos de la resolución horizontal del sistema de observación (correspondiente a una observación por día)

		Latitudes medias y altas	Trópicos ecuatoriales
1967	Conferencia de Estudio del GARP	400 km	500 km
1978	Plan de Operaciones para la Puesta en Marcha del FGGE	500 km	350 km en regiones activas 500 km en regiones inactivas

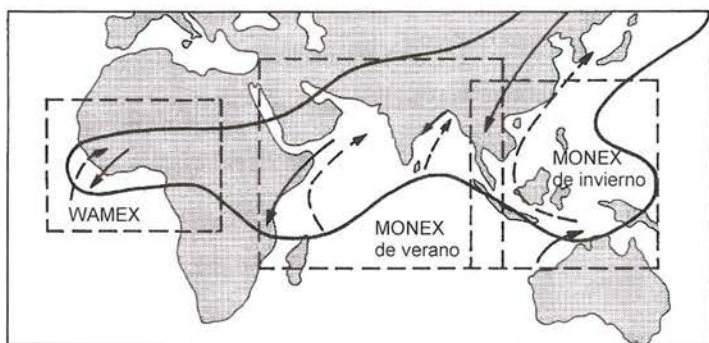


Figura 2 — Las zonas de los tres experimentos sobre los monzones: el Experimento sobre los Monzones de África Occidental, el Experimento sobre los Monzones de Verano y el Experimento sobre los Monzones de Invierno, superpuestos en un mapa que muestra el dominio de los monzones.

Requisitos de los datos

Numerosos científicos participaron en este proceso que duró varios años. En particular, el Grupo de Trabajo sobre Experimentación Numérica (GTEN), creado por el CMO, organizó un amplio programa de experimentación para definir los requisitos de los datos. Este trabajo incluía experimentos dirigidos a identificar cuál era la escala mínima que tenían que resolver los métodos numéricos, y cuáles eran los procesos que había que tener en cuenta, pero que no podían ser resueltos por la rejilla de cálculo (el problema de la parametrización).

Los requisitos definitivos de los datos resultaron ser bastante próximos a las estimaciones hechas en la Conferencia de Estudio del GARP, unos diez años antes. También es notable la diferencia con respecto a la necesidad de resolución horizontal en las latitudes medias y altas, frente a los trópicos (Tabla I).

La necesidad de observaciones adicionales

La Figura 1 muestra la carencia de datos que tenía que cubrirse durante la realización del Experimento para lograr la resolución necesaria. Sin embargo, esta figura ofrece una imagen demasiado optimista de la situación en el hemisferio norte. La red existente de aire en altura estaba muy lejos de estar distribuida uniformemente, de manera que la red mundial efectiva pudiera ser sólo la mitad de la que se muestra. La diferencia entre el número necesario de observaciones y el número de observaciones que podrían obtenerse con la red existente podría reducirse sólo mediante el empleo de una combinación de sistemas adicionales de observación.

Nuevos sistemas de observación

En 1972 existían planes detallados sobre los distintos sistemas nuevos de obser-

vación que se esperaba que estuvieran disponibles en 1977. Además del Sistema Mundial de Observación superficial, se preveía que el sistema compuesto de observación para el Experimento incluyera las siguientes componentes:

- Satélites de órbita polar para suministrar campos mundiales de temperatura y humedad.
- Satélites geostacionarios para suministrar vientos en dos niveles de aire en altura

utilizando imágenes secuenciales de nubes.

- Globos portadores que pudieran desplegar sondas omega con paracaídas en regiones con escasez de datos en los trópicos ecuatoriales (entre 10°N y 10°S).
- Globos de nivel constante que suministrasen medidas de viento, temperatura y presión en la troposfera superior para la región comprendida entre 20°S y 90°S.
- Boyas en las regiones del océano austral en las que la nubosidad persistente interfiere de manera importante con las observaciones de satélites en la troposfera baja.

215

Experimentos de Simulación de Sistemas de Observación (OSSE)

El GTEN llevó a cabo numerosos OSSE para probar la suficiencia de las distintas combinaciones de los sistemas de observación disponibles, pero esto no constituía un proceso sencillo. Se necesitaron OSSE adicionales repetidamente para tener en cuenta la nueva infor-

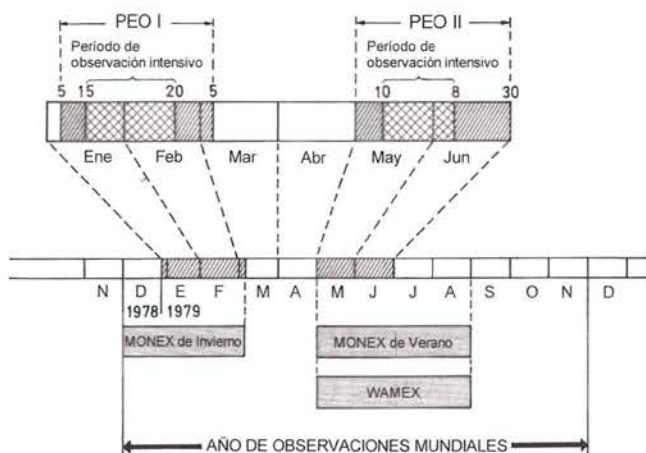


Figura 3 — Cronograma del Experimento Meteorológico Mundial y de los tres experimentos regionales del monzón.

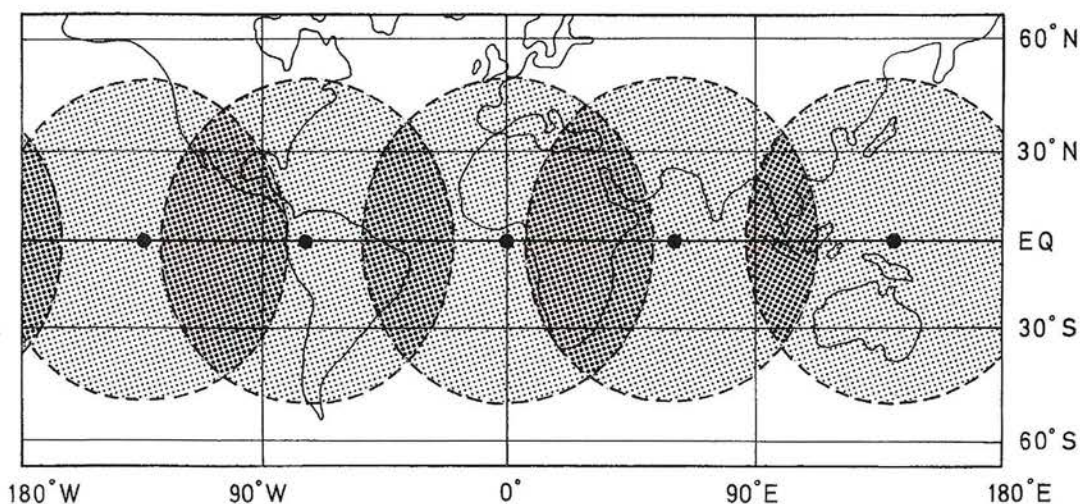


Figura 4 — Cobertura aproximada de la cobertura cuantitativa de las imágenes de los cinco satélites geoestacionarios GOES 135°W (EE.UU.), GOES 75°W (EE.UU.), METEOSAT 0° (ESA), GOES 60°E (EE.UU.) y Himawari 140°E (Japón).

mación sobre el rendimiento esperado de los sistemas de observación propuestos, o cuando había que reemplazar un sistema de observación. El resultado final de estos experimentos fue el sistema de observación compuesto que se presenta en la Tabla II.

Los tres experimentos sobre los monzones: impulsores del Experimento Mundial

Simultáneamente al Experimento Meteorológico Mundial se llevaron a cabo tres experimentos regionales de observación, a saber, el Experimento sobre los Monzones de Verano (Monex-Verano), el Experimento sobre los Monzones de Invierno (Monex-Invierno) y el Experimento sobre los Monzones de África Occidental (WAMEX). El objetivo era aumentar el conocimiento de la dinámica de la circulación de los monzones, generados sobre todo por el contraste térmico entre el complejo continental formado por Asia, Europa y África y los océanos circundantes (Figura 2). Los componentes de la investigación de estos experimentos también incluían el problema de predecir la llegada del monzón y el desarrollo de depresiones de monzón.

Cómo lograr compromisos nacionales: un proceso largo y complejo

En 1973, la Serie de Publicaciones del GARP (SPG) N.º 11 llevaba el título "El Primer Experimento Mundial del GARP: objetivos y planes", indicando que la planificación del Experimento había cambiado de carácter. Había surgido una idea bastante clara del tipo de sistemas de observación y de gestión de datos necesarios. Teniendo en cuenta la oportunidad del lanzamiento de los satélites meteorológicos, en la Conferencia de Planificación celebrada en Ginebra en 1972 se había decidido fijar 1977 como una fecha objetivo para el Experimento de un año de duración (OMM/CIUC, 1972).

Había llegado el momento de crear un mecanismo institucional que pudiera servir como punto focal para la puesta en marcha del Experimento. Según el acuerdo entre la OMM y el CIUC sobre el GARP, el Comité Ejecutivo de la OMM creó en 1973 el Grupo Intergubernamental para el FGGE y una Oficina de Actividades del GARP (OAG). La primera reunión del Grupo se celebró en 1974 (OMM/CIUC, 1975), y en ella varios miembros de este Grupo anunciaron las intenciones de sus países de contribuir al Experimento.

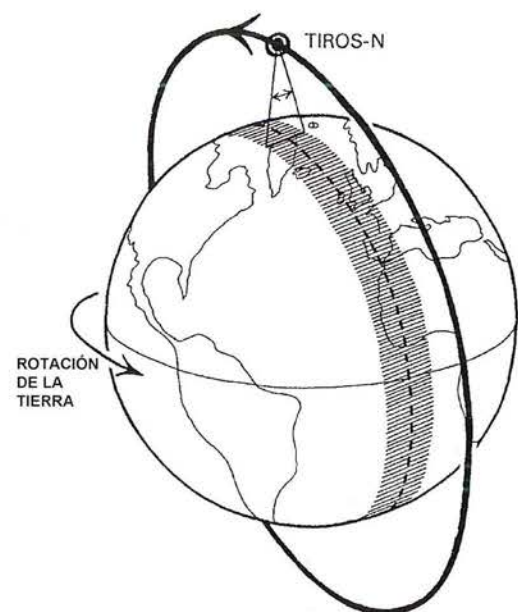


Figura 5 — Ilustración esquemática del satélite Tiros-N de órbita casi polar. Indica el procedimiento de barrido, que abarca una banda de unos 2.550 km de anchura para los sondeos y las imágenes de temperatura.

En 1975 ya teníamos controlada una parte importante de las necesidades para los sistemas de observación compuestos necesarios, y el GMP de la Oficina de Actividades del GARP era optimista en cuanto a que las demandas restantes serían atendidas con prontitud. Sin embargo, pasaba el tiempo y sólo llegaban lentamente algunos compromisos adicionales. En particular, había escasez de compromisos con los sistemas de observación especiales: los globos de nivel constante, las boyas a la deriva y los barcos de observación del viento tropical.

En febrero de 1976 se celebró una Reunión Intergubernamental de Planificación del Experimento, a la que se invitó a todos los Miembros de la OMM para que pudieran expresar sus contribuciones (OMM/CIUC, 1976a). Dio como resultado numerosos compromisos nuevos, pero algunas de las componentes más críticas de los sistemas de observación para los trópicos ecuatoriales y para el hemisferio sur seguían incompletas.

Falta de compromisos

Inmediatamente después, el Grupo del CE de la OMM para el FGGE mantuvo una reunión extraordinaria en la que se opinó que era un asunto de suma urgencia tener compromisos relativamente firmes con el Experimento en fechas iniciales, y pidió al Secretario General de la OMM que los obtuviera antes de mayo de 1976 (OMM/CIUC, 1976(b)).

Procedimientos no convencionales

El GMP de la OAG pronto empezó a ver claro que incluso las peticiones más fuertes por parte de las organiza-

ciones matrices para que se hicieran contribuciones en efectivo o en especie no estaban obteniendo las respuestas suficientes. Por esta razón, se llevaron a cabo misiones especiales a numerosas naciones. Los motivos que se dieron para realizar estas visitas eran informar sobre el Experimento y sobre la manera en que podría beneficiar a las naciones. Sin embargo, el objetivo principal de estas visitas era explorar las posibilidades de obtener compromisos adicionales.

Llegamos a saber cómo planificar dichos viajes de un modo comparativamente rápido. En particular, era interesante aprender qué tipo de argumentos eran aceptados y, en algunos casos, este conocimiento fue inesperado. En verdad, fue un trabajo difícil, pero dio resultados. Esta actividad permitió eliminar los huecos que quedaban en los Sistemas de Observación Especiales.

Un tropiezo político

Uno de los inconvenientes para obtener compromisos para el Experimento se debió a que, mientras que el GARP era un programa conjunto de la OMM y el CIUC, China era sólo Miembro de la OMM. Sin embargo, la "letra pequeña" del acuerdo entre las dos organizaciones contenía las siguientes palabras: "... en algunos casos la aplicación puede realizarse conjuntamente (p. ej., una conferencia mixta); en otros, una u otra organización puede, de mutuo acuerdo, aceptar sola la responsabilidad" (OMM/CIUC, 1969b). Armados de esta manera, el Subsecretario General de la OMM y yo fuimos a Pekín para mantener nuevas conversaciones con el Ministro chino de Asuntos Exteriores y pudimos concluir con importantes contribuciones provenientes de China.

En diciembre de 1977 el Grupo Intergubernamental para el FGGE mantuvo su última reunión antes del inicio del Experimento (OMM/CIUC, 1978). Uno de los satélites geoestacionarios no estaría operativo a tiempo para el inicio del Experimento pero la OAG había desarrollado planes de contingencia en cooperación con las agencias de satélites.

La aplicación del Experimento: ¿gesto a la altura de las expectativas?

Después de un período de planificación de casi una década, el 1 de diciembre de 1978 empezó la fase operativa de un año de duración del Experimento. Se inauguró con ceremonias en la Secretaría de la OMM de Ginebra, por parte del Secretario General de la OMM, el Dr. D. A. Davies, y por parte del autor del Centro de Operaciones del Monex de Invierno de Kuala Lumpur, en Malasia.

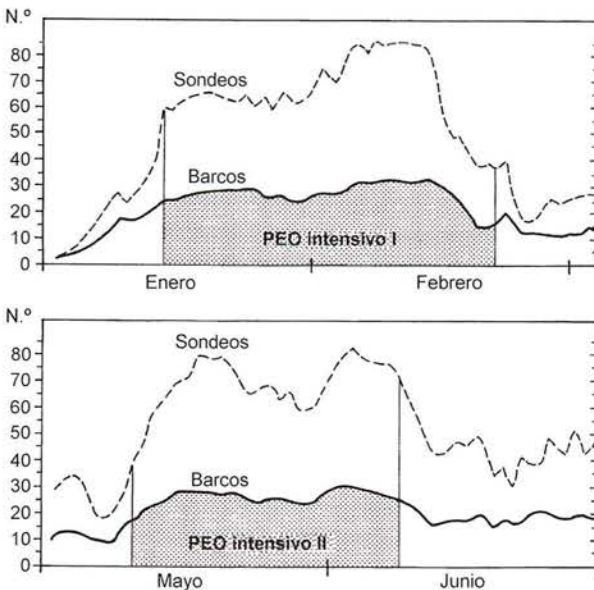


Figura 6 — Número de barcos que participó en el sistema de Barcos de Observación de Vientos Tropicales (TWOS) y número de sondeos de aire en altura diarios durante los dos PEO.

Tabla II

Resumen de los sistemas de observación necesarios y puestos en marcha para el Experimento Meteorológico Mundial

Sistema de observación	Necesidades	Puesto en marcha
Sistema de observación superficial	Red de la VMM	La VMM aumentada con — 12 estaciones de aire en altura para los PEO — 72 estaciones de aire en altura (de apoyo)
Satélites geoestacionarios	5	5
Satélites de órbita polar	4	4, incluido uno para situación y recogida de datos de boyas, GNC, etc.
Barcos de observación del viento tropical	50 barcos en cada PEO	40 barcos en el PEO 1 43 barcos en el PEO 2
Radiosondas de viento con paracaídas en aeronaves	5 trayectorias por día	6 trayectorias por día (una trayectoria extra para compensar la distribución de los barcos)
Globos tropicales de nivel constante	300	313 en el hemisferio sur
Boyas en el hemisferio sur	300	301 en el hemisferio sur 33 en los trópicos 6 en el Atlántico Norte 1 en el Ártico
Sistema de datos integrados de aeronaves	—	80 sistemas en aeronaves comerciales
Sistema de retransmisión por satélite de datos de aeronaves	—	17 sistemas en aeronaves comerciales

218 **Cronograma**

Desde el mismo principio, la intención había sido observar toda la atmósfera mundial durante un año completo. A la vez, se reconoció que algunos de los sistemas de observación necesarios para lograr los requisitos de datos no podían mantenerse en funcionamiento durante tanto tiempo y se introdujo el concepto de Períodos Especiales de Observación (PEO). Teniendo en cuenta las necesidades de los tres experimentos del monzón, se acordó el cronograma que se muestra en la Figura 3.

Aplicación del sistema de observación

Como puede verse en la Tabla II, prácticamente todas las necesidades de los sistemas de observación se pusieron en marcha. La única escasez fue que hubo unos 10 barcos menos de los necesarios en los Barcos de Observación del Viento Tropical. A la vez, debería destacarse que hubo una ampliación del Programa de Radiosondas de Viento con Paracaídas en Aeronaves.

Una crisis

No hubo fallos importantes en ninguno de los sistemas previstos. Sin embargo, la planificación cuidadosa no

siempre es suficiente para que un sistema de observación complejo funcione de forma satisfactoria. ¡También hay que tener suerte! Por ejemplo, en otoño de 1978, el satélite TIROS-N sufrió de repente un período crítico. Su supervivencia era muy incierta y se celebró una reunión de emergencia. Sin el TIROS-N no se podía obtener ningún dato de las boyas ni de los globos de nivel constante. La cuestión era si debería posponerse o no el Experimento. Sin embargo y, afortunadamente, gracias al personal operativo, el satélite se salvó.

El sistema de observación superficial de la VMM

Por supuesto, era la base del sistema de observación compuesto del Experimento. A través del Programa de Cooperación Voluntaria de la OMM, se suministró apoyo especial a 72 estaciones de aire en altura. Durante los PEO se crearon 12 estaciones de aire en altura en los trópicos.

Los satélites geoestacionarios

Después de amplias negociaciones con las agencias de satélites, se pudo lograr una formación casi ideal de

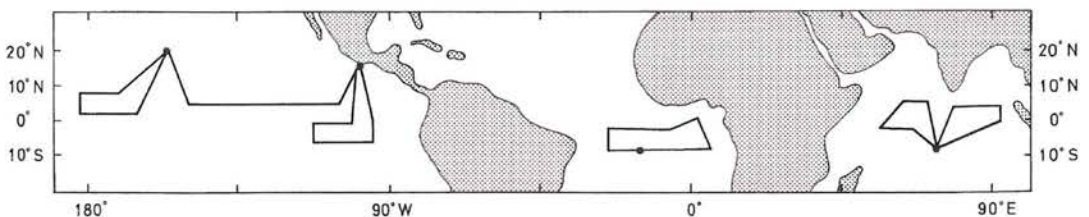


Figura 7 — Trayectorias típicas de las aeronaves de radiosondas de viento con paracaídas durante el segundo PEO desde los tres centros operativos: Hawaii y Acapulco para los vuelos en el Océano Pacífico, la Isla de Ascensión para los vuelos atlánticos, y Diego García para los vuelos del Océano Índico.

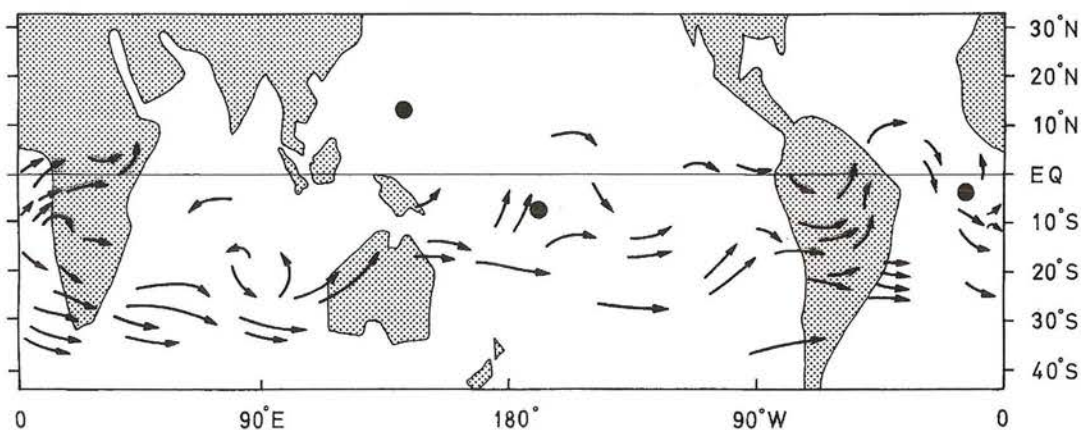


Figura 8 — Datos dibujados durante 18 horas de la trayectoria de todos los globos que volaron el 16 de junio de 1979, aproximadamente una semana después del segundo PEO. Los puntos negros indican la situación de los tres puntos de lanzamiento: la Isla de Cantón y Guam en el Pacífico, y la Isla de Ascensión en el Atlántico.

los cinco satélites geoestacionarios a unos 36 000 km de altura (Figura 4). Suministraban una media diaria de 6 000 vectores de viento dentro de las regiones que abarcaban (entre 45°N y 45°S). Los vientos obtenidos eran sobre todo de niveles bajos (~ 900 hPa) y de niveles altos (~ 300 hPa).

Los satélites de órbita polar

Las principales contribuciones de los cuatro satélites de órbita casi polar de altitud baja (entre 800 y 900 km) fueron: las observaciones radiométricas que permitieron obtener la distribución vertical de la temperatura y de la humedad con una densidad horizontal de unos 250 km y la localización de la plataforma y la recogida de datos de las plataformas de instrumentos, sobre todo de globos de nivel constante y de boyas a la deriva en el hemisferio sur (Figura 5).

Los barcos de observación del viento tropical

Este sistema de observación proporcionó unos 7 000 sondeos de aire en altura. Durante los dos PEO se realizaron de 60 a 80 sondeos diarios (Figura 6).

El sistema de radiosondas de viento con paracaídas en aeronaves

Básicamente, este sistema constaba de una flota de nueve aeronaves de largo alcance disponibles para vuelos diarios durante los dos PEO a lo largo de seis trayectorias en los trópicos ecuatoriales (Figura 7). Durante los dos PEO se realizaron 339 misiones y se lanzaron unas 75 sondas por día.

Puede mencionarse que en la portada del manual para el funcionamiento de este sistema de observación (editado por la Fuerza Aérea de los EE.UU.) ponía "Funcionamiento DOOS", y los dos primeros puntos de este informe eran: 1. Enemigo: ninguno; 2. Funcionamiento: ¡Cordial!

El sistema de globos de nivel constante

El objetivo de este sistema de observación, que funcionaba a un nivel de unos 140 hPa, era suministrar información de niveles por encima del sistema de radiosondas de viento con paracaídas en aeronaves. En total, durante los dos PEO se lanzaron 313 globos desde tres emplazamientos (Figura 8). Por regla general, se obtuvieron unos 80 vectores de viento por día durante el primer PEO y más de 100 durante el segundo. En total, se obtuvieron unas 50 000 observaciones de viento durante el funcionamiento de este sistema.

El sistema de observación de boyas a la deriva

El objetivo de este sistema de observación era completar las observaciones espaciales con medidas in situ de parámetros superficiales, es decir, presión superficial y temperatura superficial. Durante el primer PEO había unas 150 boyas que suministraban buenos informes. Durante el segundo, el número había aumentado hasta unas 250 (Figura 9).

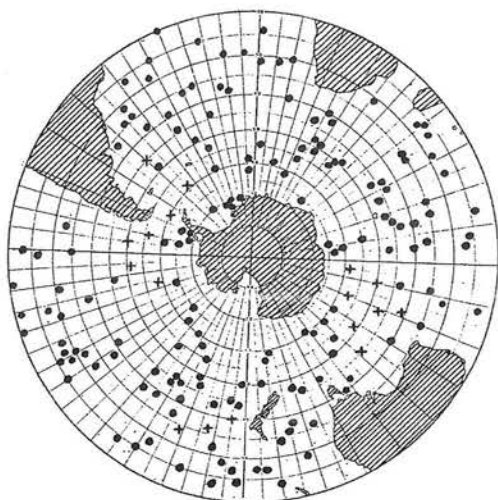


Figura 9 — Distribución de las boyas el 10 de mayo de 1979. Los puntos marcan la posición de las boyas desplegadas por los barcos de suministro de las estaciones de investigación científica del Antártico. Las cruces representan boyas que se lanzaron desde aeronaves para mejorar la distribución.

El proceso de los datos mundiales: una parte integral del Experimento

Sin un plan adecuado para procesar y gestionar los datos, todo el Experimento habría sido un fracaso. El concepto básico era que el flujo de datos se tratara como si fuesen operativos, es decir, los datos se recogerían, procesarían y distribuirían en tiempo casi real.

El sistema de proceso de datos puede describirse sencillamente como el flujo de datos entre los tres niveles siguientes (Figura 10):

- Nivel I: datos brutos, p. ej., constan de lecturas de instrumentos y de señales de sensores de los sistemas de observación que necesitan convertirse a parámetros meteorológicos.
- Nivel II: parámetros meteorológicos obtenidos de los datos del Nivel I o directamente de distintos tipos de instrumentos sencillos, que se dividen en dos categorías:
 - Conjunto de datos IIa: datos operativos de la VMM recogidos a través del SMT dentro del corte operativo (inferior a 10 horas).
 - Conjunto de datos IIb: conjunto de datos de investigación del Experimento Mundial que in-

cluye datos recogidos con un corte diferido para adquirir un conjunto de datos completo (~24 horas).

- Nivel III: parámetros del estado inicial: conjuntos de datos consistentes internamente en forma de puntos de rejilla aplicando técnicas de análisis en cuatro dimensiones.
 - Conjunto de datos IIIa: análisis operativos de la VMM obtenidos de los datos del Nivel IIa.
 - Conjunto de datos IIIb: análisis del Experimento Mundial obtenidos de los datos del Nivel IIb y realizados por los Centros Meteorológicos Mundiales.

Afortunadamente, no se encontraron problemas graves en la obtención de compromisos para aplicar el plan complejo para recoger y comprobar la cantidad astronómica de datos, y para facilitárselos a la comunidad científica.

Lecciones aprendidas: cómo hacer casi lo imposible

Aunque han pasado 25 años desde que se terminó el Experimento Mundial, los datos recogidos durante sus dos períodos de observación intensivos siguen representando los

datos más completos de la atmósfera mundial. Las preguntas pertinentes son: ¿Cuáles fueron las circunstancias que lo hicieron posible? ¿Qué lecciones aprendimos?

Algunas de las respuestas a estas preguntas podrían ser:

- Desde varios puntos de vista, era el momento oportuno para embarcarse en un experimento a tan gran escala.
- Los objetivos del Experimento interesaban a países tanto desarrollados como en vías de desarrollo.
- La magnitud del Experimento era lo suficientemente grande como para atraer la atención y convertirlo en un proyecto estimulante.
- Los acuerdos institucionales para planificar y aplicar el Experimento ofrecieron una flexibilidad máxima.
- Las interacciones directas entre el personal de planificación y las naciones demostraron ser muy eficaces para obtener los recursos necesarios.

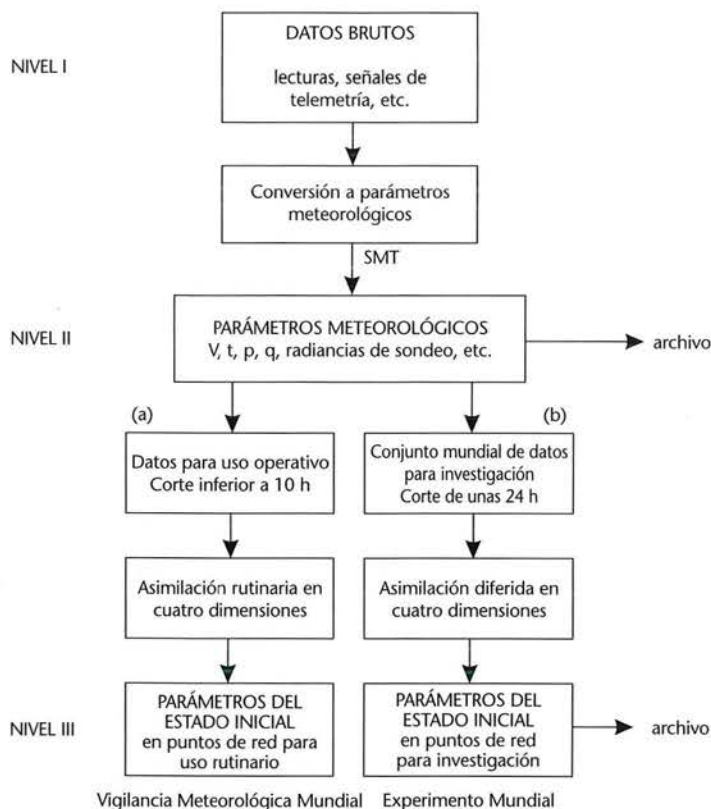


Figura 10 — Imagen simplificada del flujo de datos en el Sistema de Proceso de Datos del FGGE (Figura 8.1, p. 41 de la GPS N^o 11).

Referencias

- CHARNEY, J.G., R.G. FLEAGLE, V.E. LALLY, H. RIEHL y D.K. WARK, 1966: The feasibility of a global observation and Analysis experiment. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 47, 200-220.
- LORENZ, E.N., 1963: Deterministic non-periodic flow. *J. Atmos. Sc.* 20, 130-141.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1967: Report of the Study Conference on The Global Atmospheric Research Programme held in Stockholm 28 June-11 July, 1967, jointly organized by the ICSU/IUGG-Committee on Atmospheric Sciences and COSPAR, co-sponsored by WMO.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1969(a): The planning of the First GARP Global Experiment. GPS No. 3, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1969(b): An Introduction to GARP. GPS No. 1, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1972: Report of the Planning Conference on the First GARP Global Experiment, Geneva, 1972. GPS No. 8, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1973: The First GARP Global Experiment - Objectives and Plans. GPS No. 11, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1975: Report of the First Session of the WMO Executive Committee Intergovernmental Panel on the First GARP Global Experiment, Geneva, October 1974. GPS No. 14, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1976(a): Report of the Intergovernmental Planning Meeting for the First GARP Global Experiment, Geneva, February 1976. GPS No. 18, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1976(b): Report of the Extraordinary Session of the WMO Executive Committee Intergovernmental Panel on the First GARP Global Experiment, Geneva, February 1976. GPS No. 19, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.
- WMO/ICSU [OMM/CIUC], 1978: Report of the Fifth Session of the WMO Executive Committee Intergovernmental Panel on the First GARP Global Experiment, Geneva, December 1977. GPS No. 26, WMO/ICSU, Geneva, Switzerland.

Predicción numérica del tiempo mundial: un resultado del FGGE y un salto espectacular para la meteorología

221

Por S. UPPALA*, A. J. SIMMONS* y P. KÅLLBERG*

Después del Año Geofísico Internacional (AGI) de 1958, el sistema de observación empezó a evolucionar hacia un sistema mundial integrado, que incluía las zonas polares. En aquel momento, el CMN de Washington realizaba predicciones operativas diarias que abarcaban el hemisferio norte, y en 1973 se ampliaron a todo el globo. Por lo tanto, se necesitaban más observaciones y con mayor frecuencia del dominio del modelo para poner en marcha esas predicciones. Como apoyo a esto, se llevaron a cabo varias campañas de medida y varios experimentos, incluidas observaciones de satélite y convencionales, uno de los cuales fue el GATE (el Experimento Tropical Atlántico del GARP), en 1974. Fue el primer experimento importante del Programa Mundial de Investigación Atmosférica, cuyo objetivo era comprender la predictibilidad de la atmósfera y ampliar el plazo temporal de las predicciones meteorológicas diarias a más de dos semanas. Después de una cuidadosa evaluación de los resultados bajo la di-

rección de la OMM, se especificaron las necesidades del sistema mundial de observación y se puso en marcha el Primer Experimento Mundial del GARP, de diciembre de 1978 a noviembre de 1979, con dos Períodos Especiales de Observación en enero-febrero y mayo-junio.

Los cuatro objetivos principales definidos por el Comité Conjunto de Organización ((CCO), 1973), para justificar más observaciones de la atmósfera mundial fueron:

- Obtener un mejor conocimiento del movimiento atmosférico para el desarrollo de modelos más realistas para predicciones a mayor plazo, estudios de circulación general y clima.
- Evaluar el límite último de la predictibilidad de los sistemas meteorológicos.
- Desarrollar métodos más potentes para asimilar las observaciones meteorológicas y, en particular, para utilizar datos asíncronos como base para predecir el movimiento a gran escala.
- Diseñar un sistema compuesto óptimo de observación meteorológica para la predicción numéri-

* Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Medio Plazo ((CEPMMP), Reading, Reino Unido).