

No pretenderé que se hayan alcanzado todos los objetivos propuestos ni tampoco que los mismos están a la vista. Mientras haya bocas que alimentar, y mientras haya que producir alimentos, habrá que recurrir a la meteorología. Las dos fuentes principales de riqueza con que contamos en nuestro medio ambiente son la energía del sol y la humedad que nos devuelve la atmósfera en forma de lluvia o nieve. Si no nos esforzamos en conservar y utilizar estas fuentes de riqueza con un criterio científico, nuestro futuro quedará condenado. Espero muy sinceramente que existan siempre meteorólogos especializados en agricultura con capacidad suficiente y con un sentido de dedicación y una influencia que les permita asegurar la continuidad de nuestro futuro. En conclusión, deseo agradecer muy sinceramente la ayuda de todos aquellos colegas que nos han asistido de tantas formas distintas. El nombrarlos a todos sería imposible, pero todos ellos merecen el agradecimiento de millones de personas, algunas de ellas por nacer.

ATENCION A LOS PROBLEMAS DE METEOROLOGIA DINAMICA DEL HEMISFERIO SUR

Por G. B. TUCKER *

Introducción

Resulta obvio para todo aquel que haya viajado a través de la parte inferior del globo, que el hemisferio sur presenta a los meteorólogos formidables problemas que no sólo se añaden a los ofrecidos por el hemisferio norte sino que, además, son diferentes a éstos. La distribución de tierras y mares produce no solamente vastos espacios en blanco en la red de observación, sino que concentra también la atención sobre las bajas latitudes y la zona de acción mutua entre los trópicos y las zonas extratropicales. Un cálculo aproximado indica que al sur del paralelo 40° S viven menos de dos millones de habitantes y, probablemente, menos de 20.000 al sur del 50° S. Ello puede ser un débil argumento de que en los últimos veinticinco años poco más o menos, la mayor parte de los avances conseguidos en meteorología lo han sido en la investigación (y predicción) del comportamiento de los sistemas extratropicales: mucho menor progreso se ha logrado en los fenómenos tropicales y subtropicales. Otra dificultad asociada con los factores geográficos generales radica en el hecho de que pocos países del hemisferio sur poseen las instalaciones adecuadas para abordar los problemas de meteorología global. Las comunicaciones y las calculadoras electrónicas, los técnicos especialistas y los científicos son capítulos costosos.

Hace unos cinco años que, formando parte del plan de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), le fueron asignadas al Centro Meteorológico Mundial de Melbourne misiones especiales para el hemisferio sur. Cometidos similares a los encomendados a los dos CMM del hemisferio norte, situados en Washington y Moscú, le fueron encomendados a dicho Centro, aparte de la resolución de sus propios y no resueltos problemas a los que tenía que

(*) El Dr. Tucker es encargado del «Commonwealth Meteorology Research Centre» de Melbourne.

hacer frente. Se está llevando a cabo un ataque coordinado a muchos de esos problemas por medio del Programa de Investigación Global de la Atmósfera (GARP) y, desde muchos puntos de vista, los países del hemisferio sur tienen que ganar relativamente más que sus vecinos septentrionales con la participación y ayuda activa, tanto de la VMM como del GARP.

Pensando en esta situación es por lo que en abril de 1969 el Gobierno australiano creó el Centro de Investigación Meteorológica de la «Commonwealth» (CMRC), que constituía una feliz unión de la División de Física Meteorológica de la Organización de Investigación Científica e Industrial de la «Commonwealth» (CSIRO) y de la Oficina de Meteorología de dicha comunidad. Los objetivos del CMRC fueron fielmente descritos en la siguiente frase: «El trabajo del Centro consistirá en realizar estudios del comportamiento de la atmósfera terrestre, prestando especial atención a la circulación general, con el fin de mejorar el conocimiento actual de la distribución y variaciones del clima sobre la tierra y de la exactitud y plazo de la predicción del tiempo. Esto llevará consigo la creación y comprobación de modelos numéricos he-

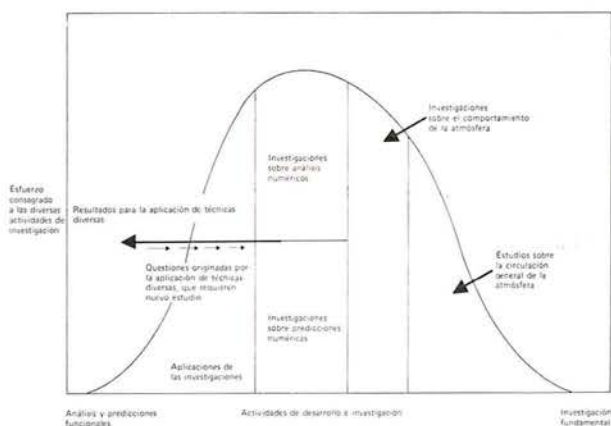


Figura 1 — Espectro de actividades del Centro de Investigación Meteorológica de la «Commonwealth», Melbourne.

misféricos y de modelos de circulaciones de un tipo más regional. El abordamiento de estos problemas desarrollará, como es deseable, la interpretación y el uso de nuevos tipos de datos de observación». Implícitamente, la intención era concentrarse en los problemas que tuvieran importancia para el hemisferio sur en general y para Oceanía en particular. El fin lógico de la creación de este nuevo grupo era beneficiarse, tanto de la investigación ambiental establecida en la División de Física meteorológica del CSIRO, como de la experiencia, orientada hacia ese fin, de la Oficina de Meteorología.

La misión del nuevo Centro era pues, doble. Primero, intentar un mejor conocimiento de los fenómenos fundamentales del tiempo y del clima; es decir, responder a la pregunta «¿por qué?» o, en el caso de que puedan formularse objeciones filosóficas a ella, responder al menos a «¿cómo?». En segundo lugar, la aplicación de estos conocimientos adquiridos a la predicción del comportamiento de la atmósfera, esto es, responder a la pregunta «¿cuándo?».

La relación entre el CMRC y los dos institutos precursores demostró que venía a rellenar un importante vacío. La investigación que se realizaba en la División de Física Meteorológica del CSIRO estaba orientada hacia los temas micro y mesometeorológicos y sus aplicaciones, la radiación, el ozono y a diversos estudios sobre la circulación general. Si bien la simulación numérica es utilizada ocasionalmente como un medio de estudio, los más amplios campos de la meteorología dinámica numérica no han constituido un ámbito de especialización suya. Por otra parte, la Oficina de Meteorología de la «Commonwealth» emprendió la investigación en un amplio frente, pero con una preferencia impuesta por las exigencias inmediatas del servicio. Las prioridades concedidas en la Oficina a los trabajos preferentes no estuvieron consagrados a la predicción numérica del tiempo, a pesar de que un grupo embrionario realizó un notable trabajo en el campo del análisis numérico para la región australiana. La creación del CMRC reflejó la consciente decisión de que la concentración de esfuerzos en meteorología dinámica y en climatología, constituiría una aventura provechosa. Su localización en Melbourne, junto a la División de Física meteorológica del CSIRO y al Centro Meteorológico Mundial, ha facilitado el desarrollo de una estrecha cooperación que redundará en un notable beneficio mutuo.

Se estimó adecuada una dotación inicial de 26 funcionarios graduados y postgraduados (investigadores, científicos, meteorólogos y programadores), para ir completando a lo largo de los primeros años de funcionamiento del Centro.

Gama de intereses

Las actividades del CMRC están lógicamente impuestas por su misión y por los especiales problemas implicados en ella. Es útil emplear la analogía de un espectro para describir la gama de intereses y la intensidad del esfuerzo (*Figura 1*).

Por una parte, el Centro realiza poca investigación *pura*, entendiéndose por tal la orientada hacia la resolución de problemas, aunque, desde luego, es fundamental estar familiarizado con el desarrollo de las técnicas de las modernas matemáticas. Por ejemplo, se han elaborado métodos más perfeccionados para resolver las correspondientes ecuaciones por medio de las calculadoras electrónicas, con las cuales se tiene la ventaja de satisfacer necesidades tanto de rapidez como de almacenamiento. Por otra parte, no realiza análisis no operativos ni predicciones ya que de estos se ocupa la Oficina de Meteorología. Sin embargo, tiene la muy importante misión de desarrollar técnicas de análisis y de predicción para su uso por la Oficina. El grupo interno que se ocupa de la *Investigación aplicada*, es el que mantiene el contacto principal con los meteorólogos operativos.

Quizá el principal problema de la meteorología del hemisferio sur, que no es compartida en la misma proporción por su equivalente septentrional, es la escasez de observaciones. Esta es la razón por la cual se han dedicado muchos esfuerzos al *Análisis numérico*, habiéndose creado un grupo que se especializa en tales actividades. Naturalmente, consanguíneo de este grupo es el de *Prognosis*, que se ocupa de la predicción numérica, especialmente de la de una semana de plazo.

El control y la síntesis del comportamiento de la atmósfera real no deben nunca ser despreciados; y para ocuparse de ellos se ha creado un *Grupo de diagnosis*. Por último, y en un intento de comprobar sobre la marcha los mecanismos fundamentales a gran escala y a largo plazo, se han elaborado modelos numéricos de la *Circulación general*.

Los principales problemas pueden ser adecuadamente clasificados como de observación, físicos o matemáticos. La fotografía (*Figura 2*), fue compuesta con el fin de demostrar gráficamente a los no meteorólogos esas tres facetas del trabajo del Centro. La composición fotográfica hemisférica, hecha con fotos de nubes tomadas por satélites, representa la necesidad de una interpretación cuantitativa de ese tipo de información, con el fin de compensar la escasísima red de estaciones convencionales de observación. La taza de café removido da idea de tres de los principales mecanismos físicos que afectan a la circulación atmosférica: rotación, diferencia horizontal de temperatura (la taza está más fría que el café) y convección (la crema es menos densa que el café). Superficialmente, los esquemas de vórtices representados



Foto 2 — Tres facetas del trabajo del Centro: análisis de las observaciones (interpretación de fotos de nubes tomadas por satélites); estudio de mecanismos físicos (rotación, intercambio de calor y convección, como se demuestra con la taza de café removido), y simulación matemática (el mapa dibujado por una calculadora).

por la crema, se parecen a los de las nubes de la fotografía tomada por satélite. ¡Los más perspicaces podrán comprobar que el café ha sido removido en dirección contraria! Finalmente, el esquema de flujo previsto para el hemisferio sur, dibujado por una calculadora, sirve de ejemplo de las técnicas matemáticas que se necesitan para describir con exactitud los procesos relacionados entre sí que se producen sobre la marcha y de la velocidad de la calculadora en la resolución de las correspondientes ecuaciones, lo que debe hacer con suficiente rapidez que le permita competir con los veloces cambios que ocurren en la atmósfera real.

Algunos enfoques de los principales problemas

Es útil pensar en cuatro tipos de información utilizada para elaborar un análisis sinóptico. El convencional, basado sólo en observaciones de superficie escogidas según un muestreo directo, resulta obviamente insuficiente para obtener una imagen representativa del mapa hemisférico que hay que trazar (*Figura 3*). Dichas observaciones pueden ser complementadas por foto-

grafías de nubes obtenidas directamente por satélites o por medio de rayos infrarrojos, pero este procedimiento requiere hacer una previa interpretación cuantitativa. Las nuevas técnicas de sondeo indirecto y la información procedente del SIRS («Satélite infra-red spectrometer»), ofrecen la posibilidad de un tercer tipo de observación. Por último, en el caso hipotético de un fallo total de las comunicaciones, el único *análisis* posible es la predicción a largo plazo. El problema consiste, para el analista numérico, en conjuntar los cuatro tipos para tratar de conseguir el mejor análisis hemisférico (o global) posible.

En el CMRC se ha concentrado la atención tanto en la interpretación cuantitativa de las fotografías de nubes procedentes de satélites, como en la forma en que ese método pueda combinarse con los otros tipos de información. Un enfoque que está demostrando ser bastante bueno consiste en tratar de reconocer los estados de desarrollo, tamaño y posición de las formaciones de vórtices individuales. Todo lo que ocurre en un determinado estado, en la proximidad de sondeos convencionales de la atmósfera superior, se utiliza para desarrollar una estructura meteorológica tridimensional compuesta. Así pues, tan pronto se localiza un vórtice y se le clasifica según una estructura pre-determinada, puede ser incluido en un esquema de análisis.

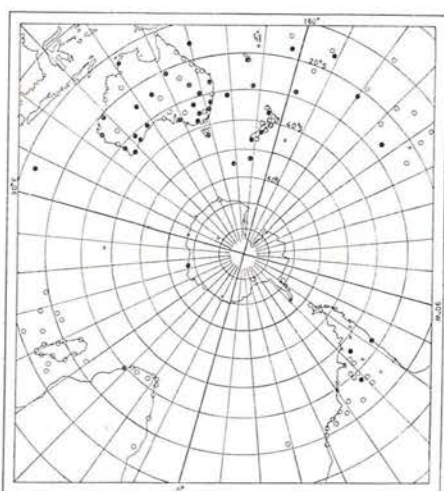


Figura 3 — Red de estaciones para la medida de viento y temperatura a 500 milibares (5,5 km), existente el 21 de julio de 1970 a las 00.00 TMG. Una distribución típica de partes sinópticas típicas en el hemisferio sur, recibidos a tiempo para ser incluidos en tiempo real en el esquema hemisférico numérico de análisis/prognosis. (O = viento y temperatura; o = viento; x = temperatura.)

Con el fin de hacer el mejor uso de todos los datos disponibles, procedentes de una misma hora de observación, se ha desarrollado una especie del llamado *esquema de análisis cuadridimensional*, que está siendo comprobado en una experiencia operativa.

Se están investigando dos importantes efectos físicos: los caminos por los que la transferencia de calor, el impulso y la humedad de la superficie afectan al comportamiento sinóptico; y la importancia de la adecuada determinación inicial de la relación entre los campos de masa y viento sobre el comportamiento subsiguiente. Ha sido posible realizar los experimentos corrientes en la breve historia del CMRC, sólo gracias a la ayuda en tiempo y en esfuerzo suministrada al Centro por el profesor J. Smagorinsky y por sus colaboradores del Laboratorio Geofísico de dinámica de fluidos, de Princeton, EE. UU. El principal modelo hemisférico sobre el que se realizan la mayor parte de los experimentos es una versión ligeramente simplificada del desarrollado en

dicho laboratorio. Esto ha permitido al centro preparar los primeros experimentos operativos que demuestran la validez, en las predicciones subsiguientes de una nueva versión de la técnica de *iniciación dinámica* de ajuste viento/masa de campos iniciales.

En el campo de la circulación general se están desarrollando modelos para investigar los efectos sobre el clima de los cambios naturales o artificiales de los componentes químicos de la atmósfera, así como la influencia de la distribución de tierras y mares y de la orografía sobre la circulación del hemisferio sur. Este último experimento está asociado, por ejemplo, con la necesidad de descifrar la apariencia que ofrecen las fotografías mensuales de nubes en el hemisferio sur, semejante a una espiral galáctica de tres brazos (*Figura 4*). Además, se ha empezado a trabajar en la simulación numérica del avance estacional y de su variación.

La investigación y desarrollo realizados en el CMRC están muy orientados hacia el empleo de calculadoras electrónicas. Se ha prestado mucha atención a las técnicas numéricas implicadas en las analogías diferenciales finitas, así como en la representación espectral. Una reciente visita, efectuada por el Dr. F. G. Shuman, director del Centro Meteorológico Nacional de EE. UU, en Washington, constituyó un notable estímulo para el desarrollo de tales actividades. Se cuenta con una calculadora IBM 360/65, instalada en el Centro

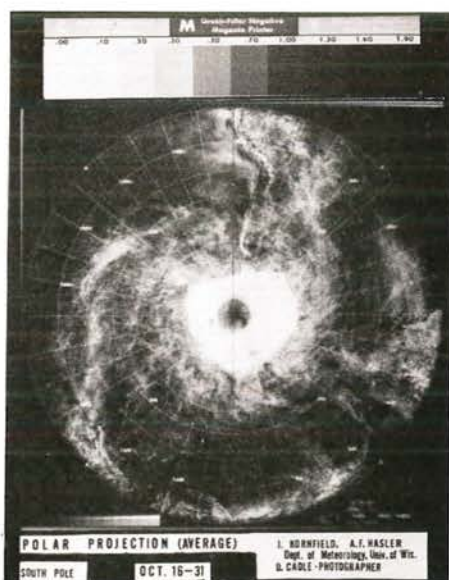


Figura 4 — Semejanza de la espiral galáctica de tres brazos con la distribución mensual de las nubes sobre el hemisferio sur.

Meteorológico Mundial. Una de las dos calculadoras está dedicada a las operaciones en *tiempo real* que realiza la Oficina de Meteorología. En la actualidad, aproximadamente la mitad del tiempo disponible de la otra máquina es utilizada por el CMRC. Este tiempo está repartido aproximadamente igual entre las dos misiones del Centro: investigación meteorológica (análisis y pronosis) e investigación climatológica (diagnosís y circulación general). Sin embargo, y puesto que es inevitable que los experimentos sobre la circulación general sean cada vez más complejos y ocupen más tiempo, con lo cual fá-

ciilmente saturarían las instalaciones de calculadoras disponibles, se tiene la intención de estudiar modelos más simples que pueden emplearse para estudiar los efectos de mecanismos ideales.

Conclusión

Las actividades del Centro durante sus dos primeros años de existencia han sido dirigidas principalmente a ayudar al meteorólogo operativo en los campos del análisis y pronosis del tiempo en el hemisferio sur. A pesar de ello, se han desarrollado todas las actividades previstas. Actualmente se están ensayando diversos modelos físico-matemáticos. Se intenta seleccionar un número limitado de ellos para representar el comportamiento a gran escala de la atmósfera y para estudiar las diversas acciones mutuas y los controles físicos y matemáticos implicados.

Aunque dos años es un período demasiado breve para valorar la labor de un nuevo grupo de investigación, la actuación conjunta emprendida está demostrando tener gran éxito. La separación organizativa establecida entre el servicio operativo y la investigación científica, aunque se haya mantenido a la vez entre ambas una estrecha asociación, ha facilitado un avance más rápido que el que habría sido posible conseguir de cualquier otra manera. Por ejemplo, a los meteorólogos dinámicos les ha sido posible elaborar un procedimiento científico para abordar el problema del análisis-pronosis hemisférico sin hacer intervenir la presión, con el fin de introducir el sistema lo antes posible en el trabajo de rutina. También el éxito obtenido por este grupo de investigación en meteorología dinámica numérica ha contribuido a que varios prometedores jóvenes científicos se hayan sentido atraídos por el tema en tal medida como no hubiera sido posible lograr por cualquier otro procedimiento. La creación del CMRC, coincidiendo casi simultáneamente con el momento crucial de la concentración internacional de esfuerzos científicos en pro del Programa de Investigación Global de la Atmósfera, ha ayudado a destacar el desafío intelectual de la meteorología. También ha facilitado la captación de los nuevos talentos científicos procedentes de las universidades australianas al brindarles las oportunidades científicas y el valioso potencial de nuestro trabajo.

VIGESIMA TERCERA REUNION DEL COMITE EJECUTIVO

El Comité Ejecutivo de la OMM celebró su vigésima tercera reunión del 3 al 6 de mayo de 1971 en la sede de la OMM, inmediatamente después de la celebración del Sexto Congreso. El Comité, recién elegido por el Congreso, se reunió bajo la presidencia del Sr. M. F. Taha, nuevo Presidente; asistieron todos los miembros excepto el Dr. R. M. White.

Como es costumbre cuando se celebra una sesión breve del Comité inmediatamente después del Congreso, no se nombraron comités de trabajo sino que se designaron ponentes para la mayoría de los puntos del orden del día. A continuación se describen los principales resultados de la reunión.