

muy satisfactorio en estos últimos 15 años. Estoy, sin embargo, algo preocupado porque se ha abandonado demasiado la climatología clásica. Esto es debido a que la climatología ha sido redefinida de modo que pueda emplearse el método determinista aplicado a la dinámica de la atmósfera para el desarrollo futuro del clima. Como se definió originalmente el clima es esencialmente un proceso estocástico al cual la aplicación de la metodología determinista no es necesariamente aceptable. El que "un clima" pueda obtenerse realmente mediante la modelización—aun si el modelo puede extender a muchos años—es aún dudoso y se necesitan más estudios.

Un desarrollo general que me ha agradado es que la humanidad ha comprobado finalmente que el clima que nos rodea es un problema ambiental de importancia básica, que debe estudiarse y vigilarse cuidadosamente para asegurar que la humanidad no sufrirá un problema a largo plazo.

H.T.—¿Cómo ve el futuro de la meteorología?

C.C.W.—El futuro de la meteorología es difícil de prever. Tanto la OMM como los Servicios Meteorológicos del mundo están en una encrucijada y creo que es muy importante reconsiderar la estructura y funciones de la OMM.

La OMM debe volverse funcional a nivel de ministerio del mismo modo que las demás agencias especializadas: si un Servicio Meteorológico tiene poco nivel en la

infraestructura de un país no está en posición de influir en la política del gobierno.

Tendrá que considerarse gradualmente si hay una necesidad real de los Servicios Meteorológicos nacionales de la clase actual. Es más probable que haya necesidad de servicios meteorológicos regionales. Ya tenemos la tecnología adecuada para que unos pocos centros hagan todo lo necesario para todo el mundo. A nivel nacional sólo serán necesarios pequeños servicios para la predicción local y la aplicación de la meteorología a las diversas actividades de la sociedad.

H.T.—¿Serán diferentes los meteorólogos del futuro de los meteorólogos formados hace 50 años?

C.C.W.—Ya lo son. A los estudiantes ya no se les enseña a analizar mapas sinópticos. La tecnología de los satélites está aún en desarrollo y se hará más y más importante. Habrá un efecto revolucionario sobre el modo de medir los parámetros en la superficie de la Tierra y los meteorólogos tendrán que aprender nuevas técnicas de observación. Las NU, más que los países individuales, tendrán probablemente que aceptar la responsabilidad del funcionamiento de los satélites del medio ambiente.

H.T.—Muchísimas gracias, CC. Espero que continuaremos viéndole en la OMM y en el PNUMA durante muchos años venideros.

EL EXPERIMENTO MUNDIAL DE LA ENERGIA Y EL CICLO DEL AGUA (GEWEX)

Artículo entresacado de distintas contribuciones al PMIC y al GEWEX y de las publicaciones que se citan en las referencias.

Introducción

El agua en sus tres estados físicos domina la Tierra y controla la energética atmosférica, es decir, sobre el régimen de la máquina térmica alimentada por la radiación solar, que impulsa a

todos los demás componentes del sistema climático. La comprensión de la dinámica y la termodinámica de la *componente rápida* del sistema climático, es decir, de la atmósfera, de la superficie terrestre y, posiblemente, de la capa de mezcla del océano superior, es esencial para determinar la sensibilidad del equilibrio del clima terrestre a los cambios debidos a forzamientos *externos* tales como un aumento del efecto invernadero o las

variaciones en el flujo medio de la radiación solar.

Para mejorar nuestro conocimiento de esta componente rápida, se necesita conocer mejor, de forma cuantitativa, los intercambios entre los flujos de energía y el agua que son básicos para todos los estudios de cambio climático; todavía, nuestro conocimiento del ciclo hidrológico mundial se mantiene se halla en un estado sorprendentemente mediocre. La diferencia entre la evaporación y la precipitación o, de forma similar, el flujo neto de agua procedente del suelo y los océanos y la advección neta de humedad que va desde la atmósfera marina a la terrestre es conocido, en el mejor caso, con un factor de dos a tres. Las distribuciones regionales y cronológicas de las componentes del balance hídrico son todavía más inciertas.

El mejor conocimiento del ciclo hidrológico mundial ha estado en parte limitado por la ausencia de datos mundiales fiables de magnitudes tan esenciales como la precipitación, la evaporación y el transporte atmosférico; la adquisición de dichos datos es un requisito previo para los estudios de la energética mundial y de la hidrología. Las agencias espaciales de Europa, Japón y los EE.UU., han anunciado sus planes de lanzamiento de una nueva serie de satélites de observación terrestre a finales de los años 90 para vigilar estos esenciales parámetros tanto atmosféricos como de superficie así como para complementar las redes operativas meteorológicas e hidrológicas existentes.

El programa del Experimento mundial de la energía y el ciclo del agua (GEWEX), proporciona una estrategia científica coordinada internacionalmente para lograr una mejor comprensión de la componente rápida del clima. El GEWEX se extenderá hasta más allá de este decenio y utilizará los últimos desarrollos en sistemas de observación en superficie tanto meteorológica como hidrológica, incluyendo los nuevos radares meteorológicos Doppler (NEXRAD; WSR-88D) que se están instalando en los EE.UU., así como se aprovechará de las misiones de los nuevos satélites de observación de la Tierra.

En consecuencia, este es el último objetivo del GEWEX para mejorar, en un orden de magnitud, la pericia de los modelos de precipitación y evaporación mundial y para proporcionar una estimación fiable de la sensibilidad de la radiación atmosférica y de las

nubes (así como la respuesta del ciclo hidrológico) a los cambios del clima. El GEWEX incorpora en un único programa coordinado todos los aspectos pertinentes de la ciencia climática que proceden del desarrollo de los modelos y del funcionamiento de los sistemas de observación adecuados.

En la actualidad, el GEWEX avanza en un amplio frente internacional y científico, para realizar la primera dimensión del programa, la cual cuando se extienda a escala mundial constituirá la clave internacional del "Sistema de observación de la Tierra" para el próximo siglo (completado con los análisis y modelizaciones necesarios).

El enfoque del GEWEX

En el núcleo del sistema climático se encuentra el agua que, en cada una de sus fases, juega un papel predominante en muchos aspectos del sistema de la Tierra, realizando muchas funciones que entran en competencia y en conflicto respecto al calentamiento y el enfriamiento de la atmósfera y del suelo. El vapor de agua, el componente más variable de la atmósfera, es radiativamente activo y es el que contribuye de forma predominante al efecto invernadero. El efecto radiativo de cualquier aumento en la concentración de otros gases invernadero, tales como el CO_2 se estima en el doble cuando se toma en consideración el aumento inducido en el vapor de agua de la atmósfera (Raval y Ramanathan, 1989; Manabe y Wetherald, 1967). La precipitación calienta la atmósfera, proporcionando el 30 por ciento de la energía térmica mediante la liberación del

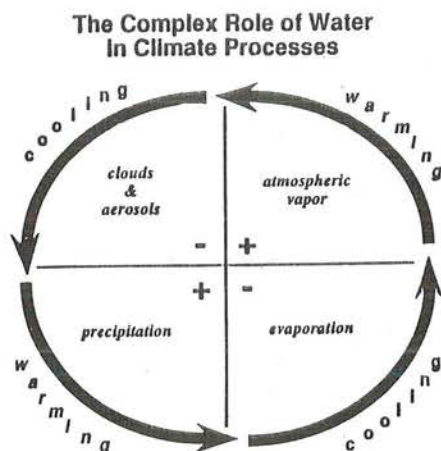


Figura 1 — El enfoque del GEWEX.

calor latente. Por el contrario, la evaporación y las nubes son mecanismos de enfriamiento. El cincuenta por ciento del enfriamiento de la superficie procede de la evaporación. Por otra parte, los estudios recientes de observación indican que las nubes (y los aerosoles), en la mayoría de las latitudes, causan un pequeño enfriamiento neto de la Tierra (Ramanathan et al., 1989), reflejando y emitiendo más de lo que absorben. Sin embargo, no sabemos todavía cómo evaluar la realimentación radiativa de las nubes bajo diferentes condiciones climáticas. Para determinar el efecto neto de estos procesos, deben observarse el ciclo completo de la evaporación, la formación de las nubes y la precipitación (véase la Figura 1). Este es el enfoque del Gewex, una de las mayores prioridades científicas de investigación para el cambio climático.

Los temas climáticos y el método del GEWEX

Un cierto número de temas importantes de las ciencias del clima necesitan un conocimiento significativamente mejorado, si se quiere determinar el efecto neto completo sobre el clima mundial de la amplia variedad de procesos que tienen lugar. Esta gama de temas van desde aquellos que implican la obtención de una representación más exacta de los flujos de energía y de cantidad de movimiento a los que requieren un acoplamiento más fidedigno de los distintos procesos mediante el análisis y los modelos de predicción. El GEWEX está estructurado para abordar estos temas mediante varios esfuerzos intensivos en los campos de la radiación, las nubes y los sistemas de precipitación, y la hidrometeorología (incluyendo las interacciones suelo-atmósfera).

Estos trabajos están diseñados también para conseguir los objetivos fundamentales del GEWEX, que son:

- Determinar el ciclo hidrológico y los flujos de energía mediante medidas mundiales de las propiedades atmosféricas y terrestres observables;
- Modelizar el ciclo hidrológico mundial y su impacto sobre la atmósfera, el océano y la superficie terrestre;
- Desarrollar la capacidad de predecir las variaciones de los procesos hidrológicos

regionales y mundiales y de los recursos hídricos, así como su respuesta a los cambios medioambientales; y

- Promover el desarrollo de las técnicas de observación, la gestión de los datos y los sistemas adecuados de asimilación para la aplicación operativa a la predicción del tiempo a largo plazo, a la hidrología y las predicciones climáticas.

En el apartado siguiente se discuten algunos de los temas climáticos más importantes que se están abordando actualmente por el GEWEX.

La sensibilidad climática al forzamiento radiativo

Nuestra capacidad para comprender los procesos del cambio climático y su impacto final sobre el medio ambiente de la Tierra depende de la capacidad de nuestros modelos climáticos para describir exactamente y responder al forzamiento radiativo debido a los componentes gaseosos de la atmósfera y a las nubes. La determinación y deducción de las mejores descripciones de las respuestas del equilibrio del clima del planeta a los cambios en efecto invernadero requiere la representación exacta de la transferencia radiativa en los modelos climáticos.

El proyecto de intercomparación de las claves de radiación en los modelos climáticos (ICRMC) indica que, mientras que el tratamiento del ozono en dichos modelos da como resultado un acuerdo bastante razonable, existe un 30 a un 50 por ciento de dispersión de los resultados entre las parametrizaciones de modelo de banda de los efectos del metano, el óxido nítrico y los clorofluorocarbonados. Es de particular importancia el que solamente algunos modelos climáticos incluyan los efectos de algún gas en trazas, incluso teniendo en cuenta que estos efectos son tan grandes como los que produciría una concentración de dióxido de carbono doble de la actual. Los resultados del ICRMC pusieron de manifiesto importantes incertidumbres en el tratamiento radiativo del modelo para el vapor de agua (el gas invernadero predominante). Es bien conocida la poca concordancia de las medidas actuales y de las distribuciones del vapor de agua atmosférico deducidas por los modelos. Solo algunos sensores dan precisiones entre el 5 y el 10 por ciento para las medidas actuales;

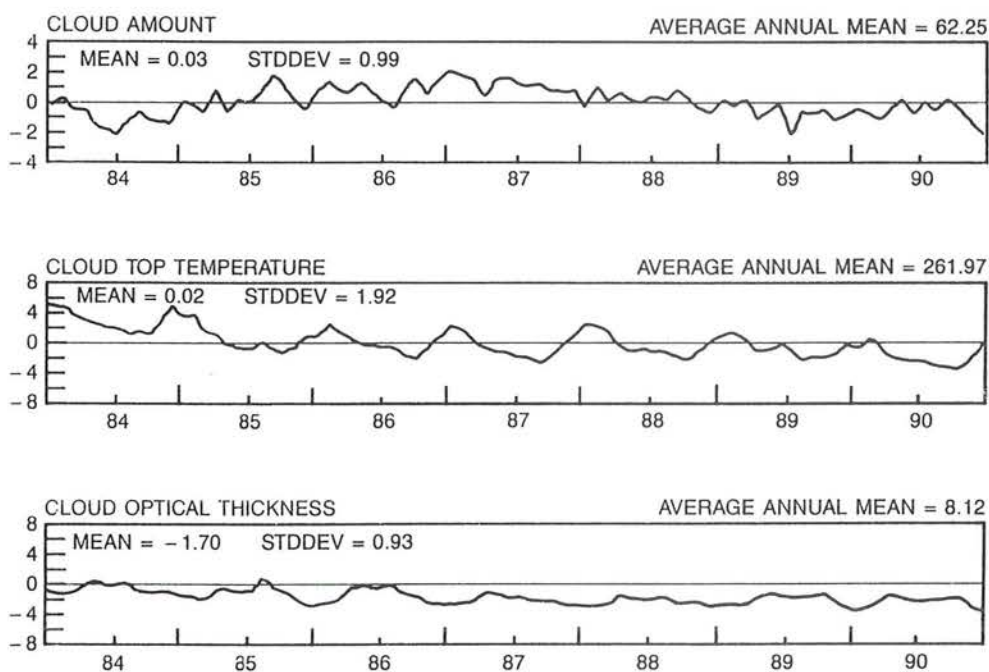


Figura 2 – Historia cronológica de las medias mundiales mensuales de los parámetros de las nubes, debidos al PICNS, dados como desviaciones respecto a su media (muestra) respecto a siete años de datos.

sin embargo, intercomparaciones anteriores han puesto de manifiesto discrepancias mucho mayores.

Dado que precisiones relativas del 5 por ciento son probablemente necesarias para abordar los principales temas científicos del cambio climático, es necesario realizar aun mucho trabajo, y el Proyecto piloto del vapor de agua del GEWEX (GVaP) se estableció en 1991 para abordar las medidas y los análisis mundiales del vapor de agua.

La mayor fuente de incertidumbre en la respuesta del clima de la Tierra al forzamiento radiativo mundial es el efecto del ajuste esperado de la distribución de las nubes y de las propiedades radiativas. El principal objetivo de la ciencia del clima es, en consecuencia, comprender y modelizar con exactitud la capa nubosa, la distribución vertical y las propiedades ópticas (incluyendo propiedades tales como la altitud de la base de las nubes, que afecta directamente al flujo neto de la radiación de onda larga en la superficie de la Tierra). Para comenzar a afrontar este objetivo, la base de datos del Proyecto internacional de climatología de las nubes mediante satélite (PICNS), constituida en 1983, ha estado distribuyendo sus ocho años de conjuntos de datos mundiales

de importantes parámetros nubosos como soporte de distintos proyectos de investigación climática. Los estudios de comparación y de validación indican que las magnitudes nubosas del PICNS tienen una precisión de cerca de 10 por ciento para escalas regionales y mensuales, con mayor precisión incluso para escalas estacionales y hemisféricas, proporcionando una cantidad media anual de nubosidad de 62,2 por ciento, una temperatura en la cima de las nubes de 262,0 K, y un espesor óptico de 8,1 (véase la Figura 2).

Los datos del PICNS son de particular importancia para la investigación climática. Por ejemplo, muestran que el espesor óptico de la nube (o contenido de agua) no aumenta con la temperatura para las temperaturas más altas sobre la tierra o sobre el agua y en consecuencia es de considerable importancia respecto al tema del impacto de la realimentación de las nubes para el cambio climático. Aunque se asuma que en una atmósfera más cálida, aumentará el agua líquida de la nube y producirá nubes de mayor espesor (una realimentación negativa), los datos del PICNS muestran que el impacto puede invertirse (una realimentación positiva) para algunas latitudes y/o regiones.

Estaciones iniciales de la RBRS (1992)

Alice Springs, Australia

Florianopolis, Brasil

Carpentras, Francia

Payerne, Suiza

Barrow, Alaska, EE.UU.

Boulder, Colorado, EE.UU.

Ya que el tratamiento del PICNS continúa, el conjunto de datos está siendo reanalizado para mejorar la precisión total ulterior y se ha previsto un conjunto de datos ampliado que incluirá los datos procedentes de los nuevos sensores de los satélites que complementarán a los actuales sensores operativos. Son esenciales las observaciones mundiales de la distribución vertical del agua condensada y de los perfiles mundiales conjuntos de la temperatura y la humedad obtenidos por el satélite. Para proporcionar estos conjuntos de datos mejorados, está en marcha una nueva iniciativa para desarrollar un radar de nubes para satélite de onda milimétrica, con el fin de complementar los programas de desarrollo existentes que están produciendo un sondeador atmosférico de resolución lineal infrarroja (IR) y un sondeador avanzado de microondas dentro del marco del programa para el Sistema de Observación de la Tierra.

Las descripciones precisas y la modelización de los flujos radiativos y su intercambio en las interfaces tierra-atmósfera y aire-mar son críticas para nuestro conocimiento de los procesos del cambio climático. La cima de la atmósfera (TOA) y los datos de la radiación en superficie de onda larga y de onda corta son medidas básicas de este tipo. La importancia de los datos del balance de radiación mundial en el TOA quedó establecida mediante el considerable éxito logrado por el proyecto del Experimento del balance radiativo de la Tierra (EBRT) de la NASA. Por ejemplo, los promedios hemisféricos demostraron que las contribuciones de onda larga y de onda corta al forzamiento radiativo de las nubes estaban próximas a su anulación en el hemisferio de invierno, a la vez que el efecto de enfriamiento de onda corta predominaba en el hemisferio de verano. Sobre las espesas nubes convectivas tropicales, los efectos netos de onda larga y de onda corta en las nubes casi se anulaban en todas las estaciones. Estos resultados tuvieron un importante impacto en relación con la

investigación climática promoviendo investigaciones de procesos climáticos alternativos (p.e., Ramanathan y Collins sugirieron un efecto de control de las nubes tipo cirros sobre la temperatura superficial del mar). El éxito del proyecto EBRT ha conducido a realizar un importante esfuerzo para asegurar la continuación de estas medidas mediante distintos proyectos posteriores, particularmente el instrumento Sistema de energía radiante de las nubes y la Tierra y el sensor de exploración para el balance radiativo terrestre (un proyecto conjunto francés/ruso/alemán), ambos estarán en vuelo a mediados del decenio de los 90.

El proyecto de climatología Balance radiativo en superficie (BRS) fue realizado en 1991 para satisfacer las necesidades de evaluaciones de los flujos radiativos mundiales de onda larga y de onda corta en superficie, partiendo de los datos del PICNS. El proyecto BRS ha evaluado con éxito la radiación superficial de onda corta, deducida de los datos del PICNS, con una precisión de casi 10 W m^{-2} , y ahora la comunidad científica puede disponer de los conjuntos de datos mundiales.

Los primeros resultados identificaron la necesidad de observaciones de gran precisión de los flujos radiativos en superficie de onda larga y de onda corta en un cierto número de sitios en zonas climáticas con contrastes (situándolos junto a otra instrumentación meteorológica) para la investigación del clima. Esto condujo a crear el proyecto de una Red básica de radiación en superficie (RBRS) para producir datos de la calidad más alta (alta gama de muestreo) de la radiación en superficie. Estos datos ayudarán a la calibración de las estimaciones basadas en los satélites de los flujos superficiales y proporcionarán una vigilancia de las tendencias regionales de los flujos radiativos superficiales. La ejecución mundial del proyecto comenzó en 1990 con seis estaciones que aportaron sus datos en septiembre de 1992 (véase el recuadro), y están previstas otras 15-20.

Predicción de la precipitación para la modelización del clima.

Uno de los parámetros con mayor influencia en los modelos climáticos es la precipitación, su representación (parametrización) y el impacto resultante. La precipitación tiene una amplia influencia en el sistema climático de la Tierra mediante sus efectos directos e indirectos sobre muchos parámetros de los modelos

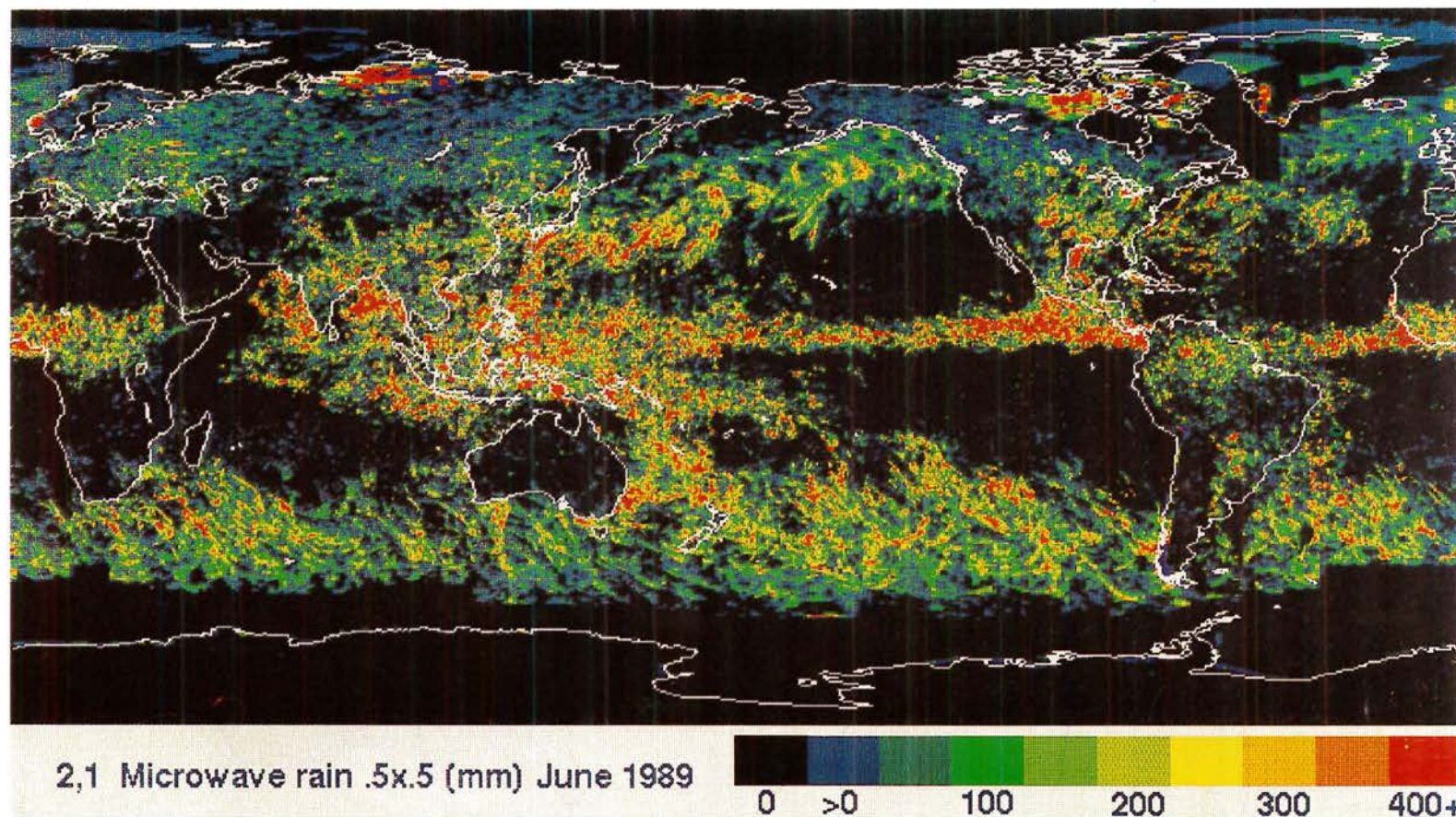


Figura 3 – Estimación de la precipitación mundial (mm) realizada de los datos del SSM/1 y calculada mediante el algoritmo de dispersión Goddard para junio de 1989, para una rejilla de $0,5^\circ$ por $0,5^\circ$ en longitud/latitud (Fuente: R. F. Adler, Centro Goddard de vuelos espaciales, EE.UU.)

climáticos (p.e., la evaporación, la escorrentía, la humedad del suelo, la formación y disipación de nubes, la radiación, etc.). La relación existente entre la precipitación a escala interactiva y el tema de la variabilidad climática interanual ha llevado a realizar muchos trabajos para medir y modelizar la precipitación de forma más exacta.

No existen actualmente datos climatológicos precisos de la distribución mundial de la precipitación. Nuestro conocimiento de las lluvias sobre el suelo tiene una incertidumbre de un factor 2 y es todavía más impreciso sobre los océanos. Ha sido extremadamente difícil la modelización y predicción fidedigna de la precipitación mundial mensual. Aunque algunos modelos han tenido éxito en la reproducción las configuraciones extensivas de las precipitaciones en los trópicos, su capacidad para determinar la localización y magnitud de los valores extremos ha sido más bien mediocre. Las técnicas primitivas para la parametrización de la lluvia en los modelos mundiales ha sido la razón primordial para estos problemas, y la falta de datos fidedignos ha obstaculizado la obtención de mejoras. En consecuencia, se están realizando importantes trabajos dentro del GEWEX para rellenar las lagunas existentes en nuestras medidas y en las capacidades de modelización.

El Proyecto de climatología de la precipitación mundial (PCPM), fue establecido por el PMIC en 1987 para proporcionar campos mundiales de precipitación por área promediada cronológicamente, en celdas de $2,5^\circ$, durante el período 1986-1995. El PCPM está produciendo en la actualidad análisis mensuales mundiales, usando datos visibles e infrarrojos (IR) de los satélites geoestacionarios y de órbita polar, mezclados con imágenes de microondas y con los datos procedentes de 6000 estaciones de superficie. Se continúa investigando sobre los métodos para mejorar las evaluaciones mundiales de la precipitación y recientemente se ha dirigido un proyecto de intercomparación de algoritmos de satélite usando los datos de una extensa red de pluviómetros y radares, que fueron proporcionados por la Agencia Meteorológica de Japón como datos reales en superficie. Este proyecto ofreció correlaciones de 0,8 con los datos de las estaciones terrestres y cuantificó también el valor añadido al incluir los datos visibles y de microondas de los satélites para mejorar las evaluaciones de la precipitación basándose sólo en IR. La Meteorological Office del Reino Unido está organizando para el PCPM un nuevo proyecto de comparación, basado en las mejoras obtenidas a partir de los resultados del primero. Se espera que el PCPM se extienda más allá de 1996, cuando comience a



Figura 4 – Cobertura prevista (zonas sombreadas) para enero de 1996 por el radar NEXRAD (WSR - 88D)

funcionar el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC).

Ahora existe la oportunidad de realizar importantes progresos en las medidas y modelización de la precipitación mediante el gran programa conjunto de satélites (EE.UU. y Japón) denominado Misión de medida de las precipitaciones tropicales (MMPT). El satélite MMPT es el resultado de muchos años de colaboración entre el Laboratorio de Investigación de las Comunicaciones y la NASDA, de Japón, y la NASA y el Centro Goddard de vuelos espaciales, de los EE.UU. El MMPT se lanzará en 1997 con un radar de precipitación, recientemente desarrollado, acoplado con radiómetros visibles, infrarrojos y de microondas para conseguir un importante y nuevo conjunto de datos de precipitación. Los perfiles medios mensuales de lluvia y la precipitación total resultante deberán obtenerse con una precisión del 10 al 15 por ciento para establecer el vínculo necesario entre los campos de lluvia de los modelos determinísticos y estocásticos.

Medida y modelización a gran escala de la energía y el balance hídrico.

Las actuales incertidumbres en las distribuciones geográficas y cronológicas de los componentes del ciclo hidrológico son muy grandes. Por ejemplo, no ha sido posible hasta el momento medir la precipitación o la evaporación sobre las cuencas oceánicas o el almacenamiento de la humedad en el suelo a escala continental. Los balances publicados de precipitación neta menos evaporación promediados para continentes completos pueden diferir en un factor 2 o mayor, y las ambigüedades existen incluso en el signo de los flujos de agua y energía por unidad de área para amplias regiones de la Tierra.

Un importante énfasis del GEWEX se concentra en los procesos hidrometeorológicos y las interacciones suelo-atmósfera necesarios para determinar los balances de energía y agua a gran escala. Este campo es de particular importancia debido a que es la época oportuna para realizar un nuevo e importante esfuerzo integrado con el que conseguir progresos fundamentales en el conocimiento básico de los procesos hidrológicos y atmosféricos acoplados. Esto se debe a la amplia instrumentación nueva de la que ahora se puede disponer, a los recientes avances en los esquemas de asimilación de

datos en cuatro dimensiones (AD4D), y a las posibilidades nuevas de los ordenadores que permiten grandes reducciones en la escala de las rejillas de los modelos mundiales y a mesoescala para 50 y 15 km., respectivamente. En consecuencia, se ha iniciado ahora un importante proyecto para abordar los temas críticos de la energía y el balance hídrico a escala continental: el Proyecto internacional a escala continental del GEWEX (PIECG).

Aunque los datos mundiales son inadecuados para ayudar en el desarrollo y aplicación de los nuevos esquemas que representan el ciclo hidrológico en los modelos climáticos, hay zonas del mundo en que el volumen y la calidad de los datos debería ser suficiente para cumplir los requisitos. Por ejemplo, en los EE.UU., se está poniendo ahora en funcionamiento una nueva instrumentación, como parte de un sistema de observación actualizado para la predicción operativa del tiempo. La nueva generación de perfiladores del viento, de radares Doppler de medida de la precipitación (WSR-88D) y de sistemas automáticos de observación e información en superficie, que están siendo instalados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los EE.UU., proporcionarán una cobertura de datos con una resolución espacial y temporal sin precedentes para una gran parte del continente norteamericano.

La figura 4 ilustra el detalle que ahora puede conseguirse con estos nuevos radares. Los avances en estos sistemas de superficie ofrecen la oportunidad de deducir el máximo de información sobre el ciclo hidrológico en una zona de la superficie terrestre restringida aunque extensa y que, a su vez, puede también relacionarse con la información procedente de la generación actual de satélites ambientales. El PIECG está diseñado para sacar provecho de esta oportunidad. Debido a la disponibilidad de las nuevas bases de datos, se eligió la cuenca del río Mississippi para realizar el PIECG. La superficie de la cuenca del río Mississippi es la tercera en orden de magnitud de entre los 16 ríos más importantes del mundo y mayor que la de cualquier río del hemisferio norte que vierta sus aguas en el océano.

El determinar la estructura de la variabilidad espacial-cronológica de los procesos hidrológicos y de los flujos de energía para una área continental es una labor

desafiante, ya que los flujos de calor, de cantidad de movimiento y de humedad a través de la interfase suelo/atmósfera pueden variar sobre virtualmente todas las escalas espaciales debido a la heterogeneidad de la superficie terrestre. Además, muchos componentes de los balances suelo/atmósfera de agua y de calor no pueden ser observados de forma rutinaria (p.e., la evapotranspiración, el almacenamiento de agua subsuperficial) o han sido observados de forma inadecuada en el pasado (p.e., la precipitación). Por tanto, para integrar las medidas locales, realizadas para pequeñas zonas o cuencas, a escalas regional o continental, los grupos de hidrología operativa de muchos países del mundo están desarrollando una nueva generación de modelos hidrológicos a macroescala y validándolos por separado o en forma acoplada con los modelos atmosféricos. Estas actividades y los proyectos paralelos para mejorar también los modelos atmosféricos son los elementos clave del PIECG.

La ejecución del PIECG está progresando bien con un desarrollo importante y con los subproyectos de intercomparación, tanto para los componentes hidrológicos como para los atmosféricos, en marcha. El Proyecto de intercomparación de esquemas de parametrización del terreno (PIEPT), un proyecto realizado en cooperación con el Grupo de trabajo de experimentación numérica (GTEN), abordará muchos de los temas relativos al suelo mientras que un proyecto para evaluar la sensibilidad de los modelos atmosféricos de mesoescala para la investigación del clima se orientará hacia los muchos temas atmosféricos. Tras el desarrollo de un importante trabajo, ya en marcha, para establecer la gestión de los datos y las instalaciones de apoyo requeridas (incluyendo el desarrollo de un conjunto de datos para el diagnóstico inicial que se distribuirá mundialmente en 1994), el PIEPT va por el buen camino para estar dispuesto, durante el período 1995-1999, a realizar observaciones intensivas y análisis.

Conclusión.

El GEWEX, un amplio pero concentrado programa del PMIC, está progresando rápidamente hacia el logro de importantes

avances en nuestra comprensión de la componente rápida de los procesos climáticos. Mediante una amplia y continuada ayuda internacional, el GEWEX será capaz de integrar la nueva instrumentación, la asimilación, la modelización y los avances científicos de este decenio en un método coherente y cooperativo para los más importantes temas del cambio climático.

Referencias.

- MANABE, S. and R. WETHERALD, 1967: Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity, *Atmos. Sci.*, **24**, 241.
- RAMANATHAN, V., R.D. CESS, E.F. HARRISON, P. MINNIS, B.R. BARKSTROM, E. AHMED, and D. HARTMANN, 1989: Cloud-radiative forcing and climate: Results from the Earth Radiation Budget Experiment, *Science*, **234**, 57.
- RAVAL, A. and V. RAMANATHAN, 1989: Observational determination of the greenhouse effect, *Nature*, **342**, 758.
- ROSSOW, W.B., and R.A. SCHIFFER, 1991: ISCCP Cloud Data Products, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **72**, 2-20.
- WCRP-40, 1990: *Global Energy and Water Cycle Experiment* (Scientific Plan). (WMO/TD No. 376), WMO, Geneva.
- WCRP-60, 1991: *The Global Precipitation Climatology Project* (report of the fifth session of the international Working Group on Data Management, Laurel, Maryland, USA, 20-21 May 1991) (WMO/TD no. 436), WMO, Geneva.
- WCRP-61, 1991: *Global Energy and Water Cycle Experiment* (report of the second session of the WCRP-GEWEX/IGBP Core Project on BAHG Joint Working Group on Land-Surface Experiments, Greenbelt, Maryland, USA, 3-4 June 1991) (WMO/TD No. 437), WMO, Geneva.
- WCRP-64, 1991: *Radiation and Climate* (second workshop on Implementation of the Baseline Surface Radiation Network, Davos, Switzerland, 6-9 August 1991) (WMO/TD No. 453), WMO, Geneva.
- WCRP-67, 1991: *GEWEX Continental-scale International Project* (Scientific Plan), (WMO/TD No. 461), WMO, Geneva.
- WCRP-69, 1991: *Radiation and Climate* (report of the fourth session of the WCRP Working Group on Radiative Fluxes, Palm Springs, USA, 24-27 September 1991) (WMO/TD No. 471), WMO, Geneva.
- Implementation Plan for the Pilot Phase of the GEWEX Water Vapor Project (GVAP), March 1992, IGPO Publication Series, No. 2.