

Investigación de los vínculos entre el ciclo hídrico y el ciclo energético



Por S. Sorooshian¹, R. Lawford², P. Try²,
W. Rossow³, J. Roads⁴, J. Polcher⁵,
G. Sommeria⁶, R. Schiffer²

Introducción

El clima de la Tierra fluctúa y cambia tanto de manera regional como mundial. De manera inevitable, esto se refleja en la variabilidad y en el cambio del balance hidrológico de la Tierra y de su complejo y dinámico balance energético con el Sol. Los procesos que controlan los transportes, las transformaciones y los intercambios de calor y

de agua en el sistema climático están inextricablemente entrelazados en una gran variedad de escalas espaciales y temporales desde la turbulencia de la capa límite al cambio climático mundial. Admitiendo la apremiante necesidad de conocer y predecir mejor estos procesos complejos y sus interacciones, el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) puso en marcha, en 1990, el Experimento Mundial sobre la Energía y el Ciclo Hídrico (GEWEX). El GEWEX dirige los estudios del PMIC sobre la dinámica y termodinámica de la atmósfera, las interacciones de la atmósfera con la superficie de la Tierra (sobre todo, sobre el suelo), y el ciclo hídrico mundial. En virtud de este papel central, el GEWEX se comunica con otros proyectos del PMIC, incluido el proyecto de Variabilidad y Predictibilidad del Clima (CLIVAR), el proyecto de los Procesos Estratosféricos y su Papel en el Clima y el proyecto Clima y Criosfera (Clic). Además, los copatrocinadores del PMIC, la OMM, el Consejo Internacional de Ciencia y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, ofrecen al GEWEX acceso a investigadores tanto del sector académico como del gubernamental.

Fases I y II del GEWEX

La primera fase del GEWEX (1990-2002) se centró en el desarrollo de herramientas y modelos de análisis, utilizando satélites operativos y de investigación, análisis regionales de cuencas de escala continental y estudios de procesos para apoyar el desarrollo de parametrizaciones de procesos de retroalimentación (relacionados con las nubes y la tierra) para los modelos mundiales del clima. Durante la Fase I, más de 1 500 científicos de más de 35 países participaron en las



Oficina Internacional del Proyecto GEWEX,
Silver Spring, Maryland, EE.UU.
Correo electrónico: gewex@gewex.org
Web: <http://www.gewex.org/igpo.html>

actividades del GEWEX y se realizaron más de 20 números especiales de artículos sometidos a evaluación.

El conocimiento del papel del agua en el sistema climático constituye una prioridad para el PMIC y el GEWEX. En forma de vapor, el agua es el gas de efecto invernadero más fuerte y abundante de la Tierra. Las nubes también tienen un importante papel de retroalimentación en el sistema climático y, dependiendo de su composición, su distribución espacial y su altitud, pueden incrementar o disminuir los efectos del cambio climático. Las influencias de la retroalimentación también proceden de estados de la superficie terrestre determinados por la humedad del suelo y la vegetación, que controla las divisiones de la radiación solar entrante en flujos radiativos, sensibles, latentes (evaporación) y de calor del suelo y la precipitación que pasa a escorrentía e infiltración. El ciclo se cierra con la evapotranspiración de la tierra y la evaporación del océano. Comprender, caracterizar y cerrar los balances mundiales, tanto de agua como de energía, han sido las principa-

Fases I y II del GEWEX

La Fase II del GEWEX (2003-2013) destaca la explotación completa del conocimiento y las herramientas de la Fase I (1990-2002), junto con una dependencia mayor de modelos mejorados y sistemas de asimilación y nuevos sistemas de satélites medioambientales para realizar contribuciones todavía mayores a la ciencia del clima.

1 Universidad de California, Irvine, EE.UU.

2 Oficina Internacional del Proyecto GEWEX, Silver Spring, EE.UU.

3 Instituto Goddard de Estudios del Espacio de la NASA, Nueva York, EE.UU.

4 Universidad de California, San Diego, EE.UU.

5 Laboratorio de meteorología dinámica del Centro nacional de investigación científica (CNRS), París, Francia

6 PMIC de la OMM

les preocupaciones de la investigación del GEWEX.

Este plan ha situado el GEWEX en un frente destacado de la ciencia, que pretende reunir a los colectivos de la hidrología, la superficie de la tierra y las ciencias atmosféricas a través de estudios de procesos para mostrar la importancia del conocimiento de las interacciones entre la humedad del suelo, la atmósfera y las nubes dentro de los modelos de predicción. También, realizando o fomentando la realización de conjuntos mundiales de datos para validar modelos de predicción, el GEWEX está listo para evaluar si el ciclo hídrico mundial ha estado sufriendo cambios importantes en las dos últimas décadas. El GEWEX también se ha comprometido de manera activa con el colectivo de los recursos hídricos y se ha beneficiado del mismo. Como se muestra en la Figura 1, el GEWEX juega un papel crítico al relacionar las actividades de predicción del PMIC con los programas de hidrología, tales como los de

la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (AICH).

Durante la Fase I, las actividades del GEWEX incluían: (a) el desarrollo de un conjunto mundial de datos; (b) estudios de procesos; y (c) el apoyo al desarrollo de modelos y estudios de modelización. Para centrar las actividades y ofrecer una coordinación mejor, en 1995 se adoptó una estructura programática que fijó los objetivos para las actividades del GEWEX en tres áreas separadas, a saber, la radiación, la hidrometeorología, y la modelización y predicción. Las actividades de hidrometeorología, coordinadas a través del Grupo de Hidrometeorología del GEWEX, se centraron en el acoplamiento de la tierra y la atmósfera con los procesos hidrometeorológicos en la escala continental y la mesoescala. La modelización y los estudios de procesos relacionados, coordinados a través del Grupo de Modelización y Predicción del GEWEX, se ocuparon de las nubes, las interacciones entre la tierra y la atmósfera y, más recientemente, de los procesos de capa

límite. Los proyectos de radiación, coordinados por el Grupo de Radiación del GEWEX (GRP), desarrollaron productos de datos mundiales y el conocimiento científico relacionado con la distribución mundial y la variabilidad de las nubes, el vapor de agua, los aerosoles, la radiación superficial y la precipitación.

Grupo de Hidrometeorología del GEWEX (GHP)

Los esfuerzos del GHP pretenden demostrar la pericia en la predicción de los cambios en los recursos hídricos y la humedad del suelo en escalas temporales que lleguen a las estaciones y los años como parte integral del sistema climático. También se centra en avanzar a partir de los estudios de procesos distribuidos en los Experimentos de Escala Continental (CSE) del GEWEX y también en el esfuerzo del Período mejorado de Observaciones Coordinadas (CEOP), puesto en marcha por el GHP para coordinar mundialmente las observaciones y los esfuerzos de modelización de los CSE (Lawford y otros, 2004). El acoplamiento de la tierra y la atmósfera ha constituido la estrategia central de los CSE del GEWEX y durante más de una década han estado en marcha cinco importantes campañas de campo de escala continental para suministrar nuevo conocimiento de procesos y una mejor representación de los modelos del Amazonas, el mar Báltico, las cuencas fluviales del Mississippi y del Mackenzie y cuatro zonas del este de Asia (Tailandia, Tibet, Siberia y el este de China). Posteriormente se han desarrollado nuevas iniciativas de CSE para cuencas de Australia, la Cuenca de la Plata de Sudamérica y, más recientemente, el oeste de África. Las localizaciones de los CSE se muestran en la Figura 2.

A través de nuevos datos, modelos y análisis hidrometeorológicos, el GHP ha demostrado la importancia crítica de las interacciones entre la tierra y la superficie, las mediciones de la humedad del suelo y la aplicación de datos de precipitación

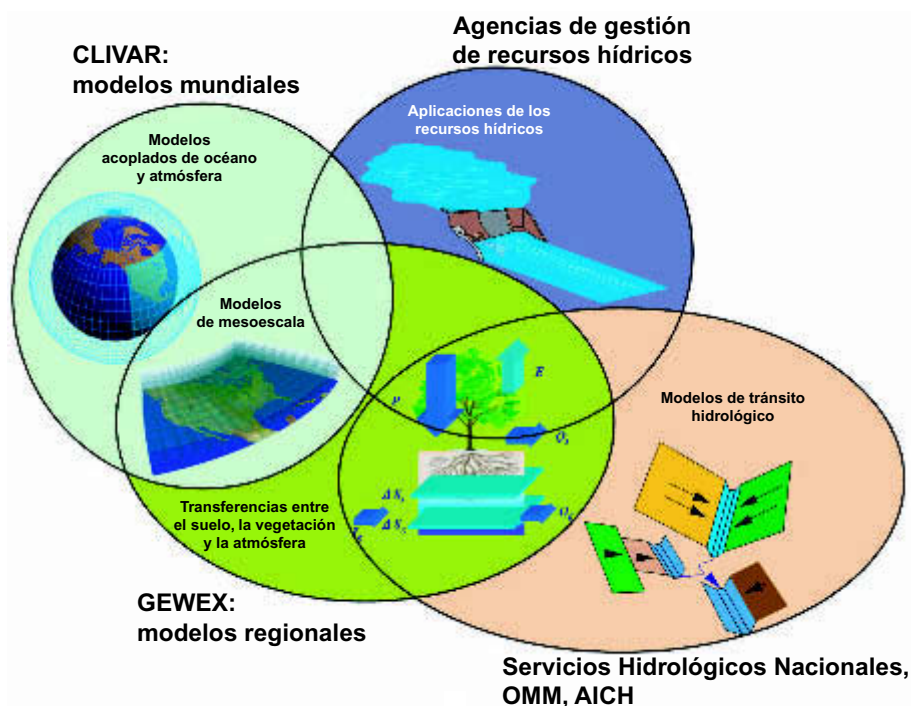
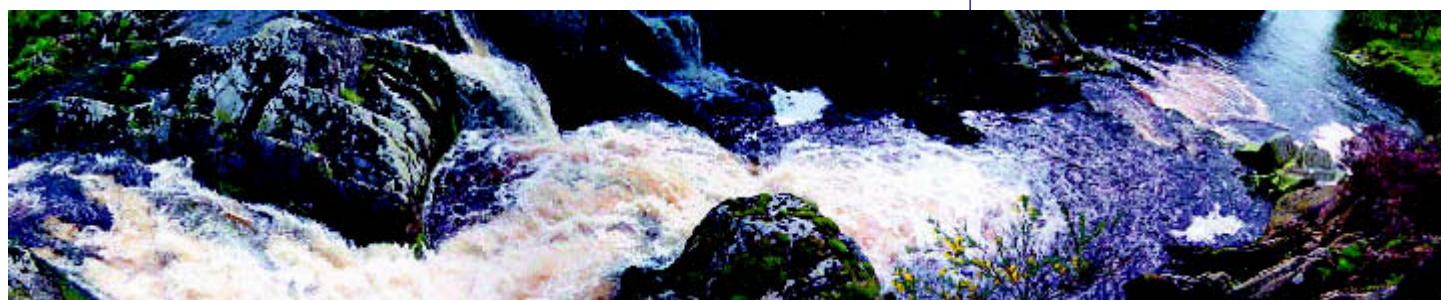


Figura 1 — Papel de los distintos programas y agencias internacionales y nacionales al tratar los asuntos de la predicción del clima y de la gestión de los recursos hídricos. (Figura: S. Sorooshian)



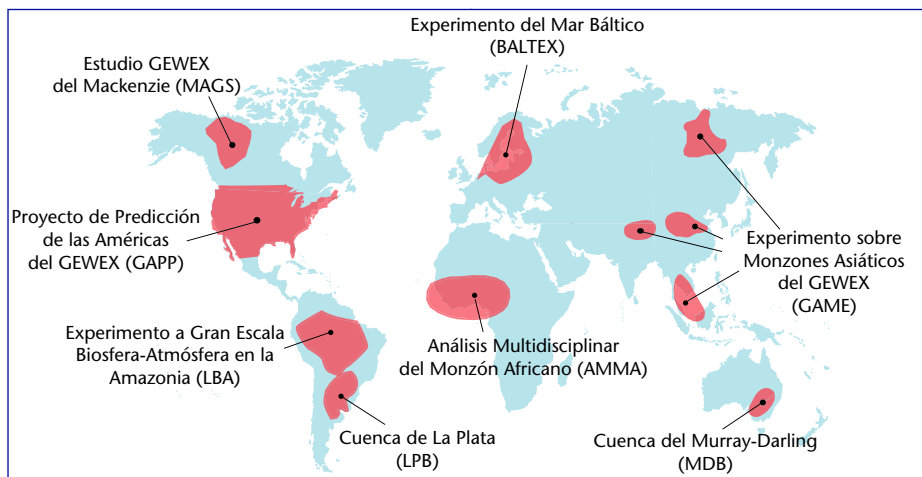


Figura 2 — Zonas de escala continental incluidas en el Programa de Hidrometeorología del GEWEX

regional y mundial de alta resolución. Además, importantes y nuevas mejoras del conjunto tierra y superficie han dado como resultado una optimización de la capacidad de la predicción regional a mundial. El desarrollo de esta nueva relación interdisciplinaria de las ciencias hidrológica y atmosférica con atención a las interacciones acopladas entre la superficie terrestre y la atmósfera dio lugar a un gran número de nuevos artículos de investigación y ayudó a poner en marcha la revista de hidrometeorología *Journal of Hydrometeorology* de la Sociedad Meteorológica Americana. En resumen, los datos y la modelización regionales han demostrado ser muy eficaces para mejorar el conocimiento de los procesos locales y han aportado sugerencias de enfoques para optimizar los modelos regionales y mundiales actuales, que tienen dificultades para simular los procesos hidrológicos diurnos y de superficie y subsuperficie.

Proyecto GEWEX internacional a escala continental (GCIP)

El GCIP de la cuenca fluvial del Mississippi fue el primer proyecto internacional de su tamaño que reunió a las comunidades científicas hidrológica y meteorológica para un objetivo de investigación común. El GCIP se puso en marcha en 1995 para aprovechar las amplias redes meteoroló-

gicas e hidrológicas que existían y que se estaban mejorando allí. La motivación para el GCIP vino del reconocimiento de la necesidad de cerrar los balances regionales de agua y energía y de mejorar la parametrización de las interacciones entre el sistema tierra-atmósfera y la hidrología de la superficie terrestre en los modelos climáticos. Pronto se establecieron otras cuencas como CSE después de la adopción del GCIP para estudiar la hidrometeorología acoplada en diferentes regiones climáticas y políticas. El éxito del GCIP dio posteriormente como resultado la ampliación de las actividades como parte del Proyecto de Predicción de las Américas del GEWEX (GAPP). Los estudios del Sistema del Monzón de América del Norte en el GAPP han fomentado vínculos más estrechos entre el GEWEX y el CLIVAR respecto a la investigación del monzón.

Experimento sobre monzones asiáticos del GEWEX (GAME)

La investigación del GAME se ha dirigido a comprender el papel de los monzones asiáticos en el sistema climático de la Tierra y a mejorar la simulación y la predicción estacional de las configuraciones monzónicas en Asia y de los recursos hídricos regionales. La estrategia científica del GAME incluye la vigilancia a través de

satélites y observaciones superficiales in situ, los estudios de procesos basados en los cuatro experimentos regionales situados en regiones climáticas características (trópicos, subtropicos, Meseta Tibetana y Siberia) y la modelización de los procesos hidrometeorológicos que tienen lugar en el sistema climático.

Experimento del Mar Báltico (BALTEX)

El BALTEX, que incluye el mar Báltico y su cuenca de drenaje, ha explorado y modelizado los mecanismos que determinan la variabilidad espacial y temporal de los balances de energía y de agua en la región del BALTEX, que abarca aproximadamente el 20 por ciento del continente europeo. El experimento ha analizado grandes variaciones estacionales, interanuales y regionales en los episodios climáticos e hidrometeorológicos de la cuenca que han producido crecidas en zonas densamente pobladas y han originado importantes cambios ecológicos en el mar Báltico.

El Estudio GEWEX del Mackenzie (MAGS)

El MAGS es un proyecto multidisciplinar que está llevando a cabo investigaciones para comprender y modelizar la respuesta de los ciclos de energía y de agua en el norte de Canadá a la variabilidad y al cambio del clima; para definir los efectos de sus procesos y retroalimentaciones atmosféricas e hidrológicos sobre los sistemas climáticos regional y mundial; y para aplicar estas capacidades de predicción al clima, a los recursos hídricos y a temas medioambientales en las regiones frías. El MAGS identificó la sublimación en la ventisca de nieve como una de las causas principales de la "pérdida de almacenamiento del agua superficial". Además, los científicos del MAGS cuantificaron las pérdidas por evaporación de los grandes lagos septentrionales y mejoraron el conocimiento y la representación de los modelos de los procesos de escorrentía en las

regiones septentrionales. Junto con el GAME-Siberia, el MAGS ha fortalecido los vínculos entre el GEWEX y el CliC.

Experimento a Gran Escala Biosfera-Atmósfera en la Amazonia (LBA)

Los aspectos hidrometeorológicos del LBA se han dirigido a conocer el papel de los bosques tropicales y las consecuencias de la deforestación en los balances regionales de energía y agua. Los experimentos de campo de la Fase I, la modelización y los análisis mostraron un desequilibrio del 44 por ciento en el ciclo hídrico de la cuenca del Amazonas. Entre los hallazgos importantes, los estudios del LBA determinaron el transporte de humedad desde el Amazonas al sur de Brasil a través del chorro en niveles bajos al este de los Andes y cuantificaron la variabilidad interanual de la cuenca del Amazonas como una fuente y un sumidero de dióxido de carbono y de humedad basándose en una evaluación de la captura de carbono en los entornos de bosque tropical durante los episodios del ENOA.

Proyecto internacional para elaborar una climatología de la superficie terrestre mediante datos de satélite (ISLSCP)

El ISLSCP se centró inicialmente en experimentos de campo pero más recientemente se ha ocupado del desarrollo de conjuntos de datos interdisciplinarios. Estos experimentos de campo incluían el Primer Experimento sobre el Terreno del ISLSCP (FIFE) y el Ecosistemas Boreales - Estudio de la Atmósfera (BOREAS). Posteriormente, el ISLSCP puso en marcha dos colecciones de datos interdisciplinarios para desarrollar conjuntos de datos terrestres científicos de la Tierra, interdisciplinarios y con los mismos indicadores, de variables que necesitaban los modelizadores para modelizar el acoplamiento de la tierra y la atmósfera. Los primeros conjuntos de datos de observaciones en las

mismas posiciones de $1 \times 1^\circ$ abarcan un período de dos años y se han utilizado ampliamente en investigación y enseñanza. La segunda iniciativa de recogida de datos (ISLSCP II) dio como resultado conjuntos de datos de resolución espacial de 1° a $0,5^\circ$ y $0,25^\circ$ durante el período de 1986-1995.

El GHP ha montado varios proyectos mundiales que integran estudios y actividades de todos los CSE. Estas actividades incluyen los Estudios de balance de agua y de energía (WEBS) y el Proyecto de aplicaciones de los recursos hídricos (WRAP). El GHP también coordina la investigación relacionada con el GEWEX con proyectos mundiales, incluido el Período Mejorado de Observaciones Coordinadas (CEOP) y el Proyecto para cuencas sin mediciones de la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas, centros mundiales de datos, incluidos el Centro Mundial de Climatología de la Precipitación y el Centro Mundial de Datos de Escorrentía, y agencias internacionales, incluida la Agencia Internacional de la Energía Atómica. Sus actividades ayudan a coordinar y difundir los resultados hidrológicos a la comunidad hidrológica internacional.

El Grupo especial del GEWEX sobre modelización y predicciones (GMPP)

El GMPP contribuye a la modelización mundial de los procesos que controlan el balance mundial de energía y de agua y demuestra el valor de predecir la variabilidad de este ciclo y su respuesta al forzamiento climático con especial atención a la representación de los procesos en los que intervienen las nubes y la superficie terrestre. El objetivo de la investigación del GMPP es poner de relieve la capacidad de predecir el almacenamiento hídrico y la escorrentía en las regiones continentales, como un elemento de la predictibili-

dad climática de estacional a interanual, y demostrar la capacidad de predecir el equilibrio y los flujos de radiación, como un elemento de la variabilidad climática de decenal a secular, y la respuesta a los cambios en los factores de forzamiento externos (Chahine, 1997).

Componentes de la Fase I

Los componentes principales de la Fase I del GMPP incluyen el Estudio del GEWEX sobre los sistemas de nubes y el Estudio mundial del sistema tierra-atmósfera con sus principales subproyectos: el Proyecto de comparación de los sistemas de parametrización de la superficie terrestre y el Proyecto mundial de humedad del suelo. Los estudios del GMPP han reducido las incertidumbres en el conocimiento y la simulación de variables fundamentales del ciclo hídrico mediante la aplicación de observaciones de la Fase I y las parametrizaciones de la superficie terrestre y del proceso nuboso obtenidas a partir de estudios regionales e intercomparaciones de modelos.

El Estudio de la Capa Límite Atmosférica del GEWEX se creó en 1999 para examinar el modo en que las interacciones de la superficie terrestre y la capa nubosa límite están arbitradas por la capa límite atmosférica.

El Estudio del GEWEX sobre los sistemas de Nubes (GCSS)

El GCSS ha realizado estudios que apoyan el desarrollo de nuevas parametrizaciones de nubes basadas en la física utilizando modelos de resolución de nubes de distintos tipos de sistemas nubosos para modelos de predicción numérica del tiempo y climáticos: nubes de capa límite marítima, cirros, nubes de capa extratropical, convección profunda tropical y nubes polares. El GCSS investiga estos tipos de nubes con un análisis combinado de una amplia gama de modelos: desde los modelos de resolución de remolinos turbulentos a modelos de resolución de nubes y de escala regional a modelos



de columna sencilla y circulación general utilizados para la predicción meteorológica y para el clima, además de una gran serie de observaciones in situ, superficiales y de teledetección por satélite.

Las herramientas para realizar estos estudios se han reunido en un conjunto de sitios Web vinculados, de los cuales el principal es la Integración de Datos del GCSS para la Evaluación de Modelos. Estas actividades no sólo están consiguiendo unas mejores parametrizaciones de las nubes sino también la puesta en marcha de nuevos experimentos de campo más centrados y de avances en el uso de conjuntos combinados de sensores activos de superficie y de satélite.

El estudio del GCSS ha apoyado un mejor conocimiento de los efectos de la estructura tridimensional de las nubes en los flujos radiativos, la interacción de las nubes con la superficie marina y la capa límite atmosférica, la organización y distribución de la precipitación en los complejos convectivos tropicales y el carácter y la evolución de los cirros y de las nubes polares.

Estudio mundial del sistema tierra-atmósfera (GLASS)

El GLASS pretende mejorar nuestro conocimiento de los procesos de superficie y nuestra capacidad para simularlos desde la escala del terreno a la escala mundial mediante experimentos de múltiples instituciones tanto de modelos autónomos de superficie terrestre (LSM) como de modelos acoplados de tierra y atmósfera en las escalas locales (punto, terreno y cuenca) y también en las escalas grandes (de continental a mundial). A través de experimentos con múltiples modelos, el GLASS confronta la hipótesis bajo la cual se han desarrollado los LSM y hace avanzar así el conocimiento de la comunidad de sus capacidades. El objetivo del GLASS es incorporar el conocimiento mejorado de los procesos físicos en la superficie terrestre a los modelos mundiales e

identificar y comprender las componentes importantes de la interacción entre la tierra y la atmósfera.

El Proyecto de sistemas de parametrización de la superficie terrestre y el Proyecto mundial de humedad del suelo

Al principio, a través del Proyecto de comparación de los sistemas de parametrización de la superficie terrestre (PILPS), y ahora, a través del GLASS, se ha coordinado el desarrollo de mejores modelos de superficie terrestre en el ámbito del proceso. Posteriormente, el Proyecto mundial de humedad del suelo (GSWP) realizó comparaciones de modelos de superficie terrestre a escala mundial. De manera más general, el GLASS puso en marcha dentro de la comunidad la transición de las parametrizaciones de la superficie terrestre ligadas a un modelo atmosférico a modelos de superficie terrestre. El PILPS y el GLASS han conducido al desarrollo acelerado de LSM mediante comparaciones de modelos y datos para distintos regímenes climáticos.

La evaluación de la humedad simulada del suelo y de las predicciones de precipitación en conjuntos de modelos dentro del GSWP y del Experimento mundial de acoplamiento entre la tierra y la atmósfera ha elevado la concienciación de la comunidad respecto a la limitación intrínseca de los LSM para producir magnitudes observables. Por ejemplo, los LSM acoplados y los modelos climatológicos globales se han evaluado en términos de su sensibilidad a la humedad del suelo y a las temperaturas de la superficie del mar en el océano que pueden afectar en gran modo a su capacidad para simular la predictibilidad del clima. El GLASS también desarrolló un conjunto crítico de normas para el intercambio de datos de forzamiento a fin de facilitar estudios de modelización utilizando modelos de superficie terrestre.

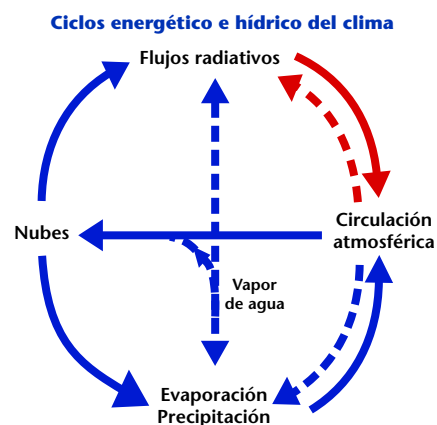


Figura 3 — Vínculos atmosféricos dominantes en los balances mundiales de energía y de agua

El GMPP posibilita la transferencia de conocimiento sobre modelos y técnicas de modelización a operaciones mediante una reunión anual conjunta con la Comisión de Ciencias Atmosféricas de la OMM y el Grupo de Trabajo sobre Experimentación Numérica del Comité Científico Mixto.

El Grupo especial de radiación del GEWEX (GRP)

Los esfuerzos del GRP se dirigen a determinar el calentamiento adiabático de la atmósfera y de la superficie por los intercambios radiativos de energía sensible y latente con la precisión suficiente para diagnosticar los procesos que influyen en las variaciones de la superficie y de la atmósfera desde escalas meteorológicas a las escalas climatológicas decenales. Los proyectos del GRP analizan las observaciones mundiales de satélite a largo plazo que están apoyadas por mediciones in situ fundamentales de alta calidad y a largo plazo que se utilizan para diagnosticar las causas de las variaciones climáticas forzadas y sin forzamiento (Rossow y otros, 2005). Los estudios del GRP fomentan las mejoras en los modelos de transferencia radiativa utilizados en los modelos meteorológicos y climatológicos y en el análisis de observaciones de teledetección por satélite y en superficie.

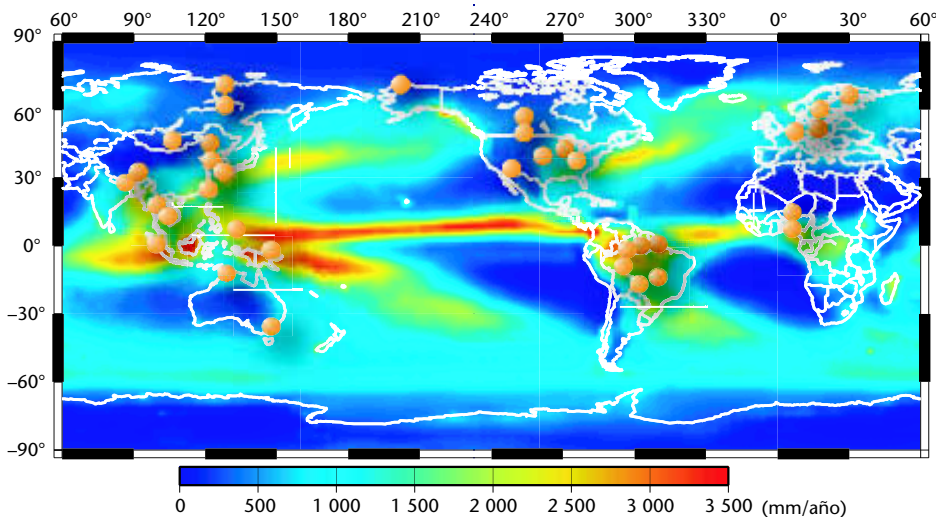


Figura 4 — Precipitación media anual de 1988 a 1997: el *Período Mejorado de Observaciones Coordinadas (CEOP)* pretende desarrollar una red mundial de estaciones piloto conjuntas meteorológicas e hidrológicas y hace uso de las ingentes cantidades de datos de observación por satélite de la Tierra actualmente disponibles. (Fuente: Proyecto GEWEX internacional a escala continental)

Los proyectos del GRP han desarrollado productos de datos mundiales de 15 a 25 años que cuantifican la variabilidad de los flujos radiativos, las nubes, el vapor de agua, los aerosoles, la precipitación y los flujos turbulentos en la superficie del océano y están trabajando para desarrollar productos más avanzados. Todos estos productos de datos están disponibles y se utilizan para estudiar las variaciones recientes del clima asociadas a erupciones volcánicas y a los ciclos de El Niño-Oscilación Austral cuantificando todas las interacciones ilustradas en la Figura 3. Una reconstrucción realizada por el proyecto de Balance de Radiación de Superficie del balance mundial de radiación que utiliza productos de datos del GRP y otros productos de datos mundiales ha logrado una cuantificación más precisa del papel de las nubes en el reparto del balance de la radiación planetaria entre la atmósfera, el océano, la tierra y la criosfera.

El Proyecto internacional para elaborar una climatología de las nubes mediante datos de satélite ha sido el pionero en la intercalibración, el análisis y la fusión de las mediciones de la

constelación internacional de satélites meteorológicos para realizar la primera descripción mundial cuantitativa de las propiedades físicas de las nubes resolviendo las variaciones de diarias a decenales.

El Proyecto mundial de climatología de la precipitación ha realizado la primera determinación completa mundial de precipitación resolviendo las variaciones de cinco días a decenales mediante el análisis y la fusión de mediciones de la constelación internacional de satélites meteorológicos y de mediciones in situ.

El Proyecto mundial del vapor de agua realizó un estudio piloto que inició la fusión de mediciones de vapor de agua de la constelación internacional de satélites meteorológicos y de sondeos atmosféricos in situ para realizar una descripción detallada de la distribución mundial de los perfiles atmosféricos de vapor de agua resolviendo las variaciones de diarias a decenales.

El Proyecto mundial de climatología de aerosoles terminó hace poco un análisis sistemático de las variaciones

interanuales de los aerosoles que ahora se está fusionando con un análisis de las variaciones asociadas de las propiedades microfísicas de las nubes. Además, el proyecto SeaFlux realizó la primera recopilación exhaustiva de mediciones in situ del flujo de la superficie oceánica.

Estos esfuerzos han fomentado las mejoras en los productos mundiales de satélite, ofreciendo flujos turbulentos de calor, agua y momento al resolver las variaciones de diarias a decenales. Los proyectos mundiales de análisis de observación por satélite están apoyados por redes de referencia creadas por el GRP y los centros de datos. Por ejemplo, el desarrollo de la Red de Referencia de la Radiación de Superficie ha dado lugar a reducciones en las incertidumbres de las mediciones de más de un factor de dos. El Centro Mundial de Climatología de la Precipitación, un centro de datos que está vinculado a estudios de precipitación del GRP, ha recogido una exhaustiva colección de datos de pluviómetros de superficie y de análisis. Ambas iniciativas constituyen elementos fundamentales del Sistema Mundial de Observación del Clima.

En la preparación de la Fase II del GEWEX, el GRP tiene un proyecto continuado, denominado *Comparación de los códigos de radiación en los modelos climatológicos*, para fomentar el desarrollo importante de los códigos de transferencia radiativa en todos los modelos de circulación general atmosférica y de un grupo de trabajo que desarrolle un enfoque coordinado para la reducción y el análisis de las combinaciones de los instrumentos perfiladores atmosféricos (radares, lidares y sodares) de una red mundial de estaciones de vigilancia a largo plazo. Además, el GRP trabaja con otras actividades del GEWEX para desarrollar un análisis avanzado y exhaustivo de los flujos de energía y de agua entre la tierra y la atmósfera.



Objetivos de la Fase II del GEWEX

- Obtener conjuntos de datos de investigación de calidad y que sean consistentes con sus correspondientes descripciones de error del balance energético y del ciclo hídrico de la Tierra y su variabilidad, y tendencias en las escalas temporales interanuales a decenales, y para su uso en el análisis del sistema climático y el desarrollo y la validación de modelos.
- Mejorar el conocimiento de la manera de funcionar de los procesos de los ciclos energético e hídrico y cuantificar su contribución a las retroalimentaciones climáticas.
- Determinar las características geográficas y estacionales de la predictibilidad de las variables fundamentales de los ciclos energético e hídrico en zonas terrestres y, a través de la colaboración con la comunidad mayor del PMIC, determinar la predictibilidad de los ciclos energético e hídrico a escala mundial.
- Perfeccionar las predicciones estacionales de la variabilidad de los ciclos energético e hídrico a través de mejores parametrizaciones que comprendan los procesos hidrometeorológicos y las retroalimentaciones de los modelos de circulación atmosférica.
- Llevar a cabo actividades conjuntas con los servicios hidrometeorológicos operativos y los programas de investigación hidrológica para demostrar el valor de las nuevas capacidades de predicción del GEWEX, los conjuntos de datos y las herramientas a fin de evaluar las consecuencias del cambio mundial.

Desafíos

Para lograr sus objetivos de la Fase II (véase el recuadro correspondiente), el GEWEX desarrollará y aplicará una amplia gama de herramientas de modelización que van desde modelos climatológicos mundiales a modelos regionales y de mesoescala, y que evaluará los métodos de reducción de escala convenientes para las escalas espaciotemporales menores asociadas generalmente a los modelos hidrológicos utilizados en la gestión local de recursos hídricos.

Otro elemento importante de la Fase II es el Período Mejorado de Observaciones Coordinadas (CEOP). La primera fase de este experimento (CEOP I) se describe en Koike (2004). La CEOP II se centrará en el desarrollo de un conjunto de datos de dos años de información in situ, de satélites y de modelos para el período de 2003-2004 a fin de apoyar objetivos de investigación en la predicción del clima y los estudios del sistema del monzón. El GEWEX también lleva la iniciativa en nombre del PMIC en el tema de las Observaciones Mundiales Integradas del Ciclo Hídrico de la Asociación de la Estrategia Integrada de Observación Mundial. A este respecto, se ha aprobado que el CEOP sea el primer elemento del nuevo tema de Observación Mundial Integrada del Ciclo Hídrico. El GEWEX también contribuirá al Proyecto Mundial del Sistema Hídrico dentro del marco de la Asociación Científica del Sistema Terrestre. Además, los proyectos de investigación de la Fase II del GEWEX apoyarán la nueva estrategia del PMIC conocida comúnmente como la Observación y Predicción Coordinadas del Sistema Terrestre. Los lectores que deseen seguir el progreso del GEWEX o quieran acceder a la amplia serie de datos y de productos obtenidos a partir de los mismos, pueden hacerlo a través de la página web del GEWEX (www.gewex.org).

Agradecimientos

Los éxitos y el progreso de los que se informa aquí no habrían sido posibles sin las importantes contribuciones y los servicios de datos de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los EE.UU., la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los EE.UU., la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón, la Asociación Alemana de Recursos Naturales, la Agencia Espacial Europea, la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos, la Comisión Europea, el Servicio Meteorológico de Canadá y el Consejo de Investigación de Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá. Otras numerosas agencias y programas nacionales e internacionales también han contribuido al proyecto con datos e infraestructura. Los autores también quieren dar las gracias al Dr. Bisher Imam, a la Sra. Dawn Erlich y a la Sra. Carolyn Serey por su ayuda en la preparación de las figuras y en la conclusión del texto de este artículo.

Referencias

- CHAHINE, M. J., 1997: GEWEX strategies and goals are affirmed by the Joint Science Committee, *GEWEX Newsletter*, 7 (3), p. 2.
- KOIKE, T., 2004: El período mejorado de observaciones coordinadas: un paso inicial para una observación integrada del ciclo hidrológico. *Boletín de la OMM* 53 (2).
- LAWFORD, R. G., R. STEWART, J. ROADS, H.-J. ISEMER, M. MANTON, J. MARENGO, T. YASUNARI, S. BENEDICT, T. KOIKE & S. WILLIAMS, 2004: Advancing global and continental scale hydrometeorology: Contributions of the GEWEX Hydrometeorology Panel, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85 (12).
- ROSSOW, W. B., B. E. CARLSON, P. W. STACKHOUSE, B. A. WIELICKI & Y.-C. ZHANG, 2005: Implications and opportunities suggested by long-term changes of radiative fluxes at the surface and top of the atmosphere. (Enviado al *Bulletin of the American Meteorological Society* en octubre de 2004).