

mos el *software* que les permitiría hacer funcionar el sistema en su lugar de trabajo.

Hay otros sistemas que se están realizando o que están en fase de planificación. Estamos desarrollando un sistema de salud y calor a gran escala para que empiece a funcionar este verano, financiado por tres grandes ciudades de Ohio, en EE.UU. Este sistema afectará a más de 4 000 000 de personas en una gran parte del sudoeste de Ohio. El Departamento de Salud de Toronto nos ha presentado una propuesta para poner en marcha un sistema en esa ciudad; somos optimistas y pensamos que la provincia de Ontario financiará el proyecto. En la actualidad estamos colaborando con el Instituto Nacional de Salud de Lisboa, en Portugal, para actualizar un sistema que existe allí. Por último, viajé hace poco a la ciudad de Fénix, en el desierto, en EE.UU., para planificar el desarrollo de un sistema. Es obvio que hay una gran demanda para hacer frente al problema del calor y sus consecuencias sobre la salud humana, y ante la posibilidad de que el cambio climático lleve asociada una mayor frecuencia de condiciones de calor estresante, es más acuciante que las ciudades vulnerables estén preparadas para enfrentarse al calor.

Nos hemos visto desbordados por un número cada vez mayor de solicitudes para instalar sistemas en otras ciudades importantes y vulnerables de todo el mundo. Se están desarrollando planes sobre la mejor estrategia para favorecer la capacidad de crear sistemas locales a lo largo del mundo. La OMM seguirá participando en proyectos de este tipo con diferentes organismos y, como ponente de la OMM en temas de clima y salud, estoy or-

gulloso de formar parte de esta importante iniciativa. El objetivo principal de la Fase II de la iniciativa del Proyecto Modelo, que dirige el Dr. Gerd Jendritzky, será la elaboración y la distribución de materiales de apoyo y de programas de asesoramiento para transferir técnicas por todo el mundo. Una parte de los objetivos de la Fase II es revisar de forma crítica los métodos disponibles para valorar el bienestar térmico, atendiendo por igual a los modelos climatológicos y a los fisiológicos. Además, se están planificando seminarios que permitan a funcionarios sanitarios y a expertos meteorológicos de países en vías de desarrollo, coordinar sus actividades y saber cómo hacer funcionar dichos sistemas. Las ayudas sociales a los organismos locales responsables aumentarán a medida que madure el Proyecto Modelo, y se espera que algún día sistemas similares a los que se están desarrollando en Roma, Shanghai y Ohio, se generalicen en las grandes zonas urbanas de todo el mundo.

Voy a permitirme concluir agradeciendo a la OMM y, en especial, al Departamento del Programa Mundial del Clima, el que hayan asegurado la participación esencial de los representantes permanentes ante la OMM de los países en cuyas ciudades estamos trabajando. El Dr. Carlos Corvalan, de la OMS, ha hecho una impresionante labor trabajando con el colectivo sanitario público. El Dr. Kris Ebi, del Instituto de Investigación de Energía Eléctrica ha prestado apoyo financiero a esta valiosa empresa. El Profesor Gerd Jendritzky ha ofrecido asesoramiento, datos, apoyo y consejos útiles. Doy gracias de forma especial a mi familia por soportar mis repetidas ausencias a causa de los viajes.

Requisitos del sistema de información del Programa Mundial sobre el Clima

Por J. M. Nicholls*, K. Davidson** y V. Gerard***

Introducción

Propósitos

Los procedimientos de gestión de datos diseñados para cumplir los requisitos de la predicción meteorológica a

corto plazo no son suficientes, en general, para satisfacer las necesidades de las diversas aplicaciones climáticas. Sin embargo, existen coincidencias, por ejemplo, entre una proporción sustancial de los datos utilizados tanto para predicción como para climatología, y los requisitos de control de calidad automatizados; y éstas garantizan una consideración más unificada de los procedimientos y sistemas para el manejo de datos.

El propósito de este artículo es acentuar las características de los sistemas de gestión de datos y de información que tienen una particular importancia para el Programa Mundial sobre el Clima.

* Vicepresidente de la Comisión de la OMM sobre Climatología.

** Director Adjunto, Centro Nacional de Datos Climáticos, Asheville, Carolina del Norte, EE.UU.

*** Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima (OMM).

El Programa Mundial sobre el Clima

El Programa Mundial sobre el Clima (PMC) se estableció en 1979 y se le dio aprobación formal en el Octavo Congreso Meteorológico Mundial. Las organizaciones patrocinadoras principales en el ámbito internacional son la OMM, el PNUMA, la COI de la UNESCO y el CIUC. El PMC es un programa científico internacional autorizado cuyos objetivos son mejorar la comprensión del sistema climático y aplicarla en beneficio de la sociedad, haciendo frente a la variabilidad y al cambio climático. Los cuatro componentes del Programa Mundial del Clima y sus respectivos objetivos fundamentales son:

Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima (PMDVC)

El PMDVC sirve a los otros tres componentes facilitándoles la recogida y gestión efectiva de los datos climáticos y la vigilancia del sistema climático global, incluyendo la detección y evaluación de la variabilidad y del cambio climático.

Programa Mundial de Aplicaciones y Servicios Climáticos (PMASC)

El PMASC impulsa la aplicación efectiva del conocimiento y la información sobre el clima para el beneficio de la sociedad, y la provisión de servicios climáticos, incluyendo la predicción de variaciones significativas del clima tanto naturales como resultantes de la actividad humana.

Programa Mundial de Evaluación del Impacto del Clima y Estrategias de Respuesta (PMEICER)

Los objetivos de este programa son evaluar los impactos de la variabilidad y de los cambios del clima que podrían afectar notablemente a las actividades económicas o sociales y asesorar a los gobiernos sobre ello, y contribuir al desarrollo de una serie de estrategias de respuesta socioeconómicas que podrían utilizarse por los gobiernos y la comunidad.

Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC)

Este Programa está diseñado para mejorar la comprensión de los procesos climáticos, para la determinación de la predecibilidad del clima, incluyendo su variabilidad y cambio, la identificación de la extensión de la influencia humana sobre el clima y el desarrollo de la capacidad de predecir el clima.

El PMDVC y el PMASC están gestionados por la OMM, el PMEICER por el PNUMA, y el PMIC conjuntamente por la OMM, el CIUC y la COI.

Este artículo está basado en un documento presentado en la Conferencia Técnica de la CSB sobre Sistemas de Información y Servicios de la OMM (Ginebra, 27-28 de noviembre de 2000).

Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC)

En 1990, la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima (SCMC) solicitó el establecimiento de un Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). Éste se estableció, en 1992, para asegurar que se obtenían y se ponían a disposición de todos los usuarios potenciales las observaciones e información necesarias para el tratamiento de los principales temas relacionados con el clima. El SMOC esta copatrocinado por varias agencias internacionales, como es el caso del PMC

mismo. El SMOC se entiende como un sistema operativo a largo plazo manejado por el usuario, capaz de proporcionar las observaciones integrales requeridas para la vigilancia del sistema climático global, para detectar, atribuir y predecir el cambio climático, para evaluar los impactos climáticos y para la investigación global del sistema climático. Está orientado hacia la observación del sistema climático global, incluyendo las propiedades físicas, químicas y biológicas y los procesos atmosféricos, oceánicos, hidrológicos, criosféricos y terrestres.

El SMOC, por sí mismo, no realiza observaciones ni genera productos a partir de los datos. El SMOC se basa y trabaja en asociación con otros sistemas de observación en desarrollo, tales como la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM y la Vigilancia de la Atmósfera Global, el Sistema Mundial de Observación de los Océanos y el Sistema Mundial de Observación Terrestre.

El Programa Mundial de Datos y Vigilancia del Clima (PMDVC)

El PMDVC fue creado para asegurar el acceso de los países Miembros a información climática de confianza en formatos adecuados para su uso. Los objetivos a largo plazo (y algunas actividades actuales) del PMDVC son:

- Proporcionar evaluaciones regulares y declaraciones autorizadas sobre la interpretación y aplicación de datos instrumentales y derivados para el estudio de la variabilidad del clima, la detección del cambio climático y la validación de modelos y predicciones climáticas.

Actividades actuales: el desarrollo de índices para la detección del cambio climático; la asesoría y la creación de series temporales climatológicas de alta calidad.

- Desarrollar la concienciación de la variabilidad interanual del sistema climático global y facilitar la generación, interpretación y difusión de esta

información, incluyendo las fluctuaciones globales y regionales.

Actividades actuales: generación y distribución de boletines semanales, mensuales y estacionales sobre clima regional y global; la creación y publicación del Estado del Clima Global anual.

- Apoyar al SMOC en el mantenimiento y desarrollo integrados de los sistemas de observación.

Actividades actuales: redefinir los requisitos para las observaciones de un Sistema de Observación Global integrado en apoyo de todos los programas relacionados con el clima, en colaboración con el Equipo de Expertos de la CSB que trata este tema.

- Facilitar el desarrollo y la ejecución de métodos para posibilitar el rescate, la conservación y la gestión de datos climáticos por los Miembros de la OMM, especialmente los países en vías de desarrollo, y promover el intercambio internacional de datos climáticos y productos relacionados.

Actividades actuales: especificación, desarrollo, provisión y mantenimiento de procedimientos y sistemas de gestión de datos climáticos (por ejemplo, CLICOM y CDBMS) para países en vías de desarrollo.

- Coordinar la preparación y distribución de conjuntos de datos globales y regionales, incluyendo metadatos, como se requiere tanto para la investigación como para el desarrollo de los servicios de información y predicción climáticos.

Actividades actuales: Rescate de datos (DARE, digitalización de datos nacionales anteriormente en reproducciones impresas o en tarjetas perforadas); publicación de normas climatológicas de la OMM; búsqueda de datos nacionales no disponibles hasta ahora para los climatólogos (Estudio de Archivos sobre la Historia del Clima o Proyecto ARCHISS).

El Sistema de Gestión de Datos Climáticos

La importancia de la gestión de datos

El objetivo básico de la gestión de datos climáticos es capturar y conservar los datos climáticos, y proporcionar acceso, tanto a los datos como a los productos, para satisfacer los requisitos de una serie de usos, incluyendo la toma de decisiones en el gobierno, la industria, la investigación y de aplicaciones comerciales directas. Muchos de los usos últimos de los datos no pueden ser previstos cuando se planifican los programas de adquisición de datos, y las nuevas aplicaciones aparecen, frecuentemente, mucho tiempo después de adquirir la información, en forma de modelos, algoritmos y aplicaciones operativas. Cada vez más, el sistema de gestión de datos debe proporcionar la información para los estudios de cambio climático y para des-

cribir el clima de la nación, la región y el mundo. El tema del cambio climático global es un ejemplo que está forzando extremadamente los requisitos de los sistemas de datos climáticos y de gestión de datos. Para cumplir estas necesidades, resulta críticamente importante que los datos y la información climáticas, tanto históricos como actuales, estén adecuadamente gestionados de una manera sistemática e integral. Los datos y la información deben reunirse a partir de redes meteorológicas en tiempo real, de redes climatológicas y de proyectos de investigación. En el pasado, los sistemas de gestión de datos climáticos eran necesarios para controlar y manejar datos de sistemas de observación y meteorológicos convencionales. Hoy en día, estos datos tradicionales han aumentado con datos de alta densidad (tanto temporal como espacial) de satélites, sistemas de radar y otros dispositivos de teledetección, haciendo, así, esenciales los sistemas de gestión de datos climáticos para los centros climáticos.

Etapas en la gestión de datos

Los datos climatológicos son más útiles si se localizan en un centro de archivo o centro climático nacional, editados, con control de calidad y archivados de modo que sean fácilmente accesibles, y en una forma de uso sencillo. Hasta principios de los 90, los datos y la información se mantenían generalmente en una instalación central pero, con los sistemas actuales de comunicaciones y redes, los datos pueden mantenerse ahora en un sistema distribuido. Muchos datos necesarios para el PMC se archivan por agencias y autoridades que son independientes de la responsabilidad de la OMM, por ejemplo los datos relacionados con glaciología, permafrost, hidrología y los océanos.

Las siguientes etapas son esenciales para un sistema de gestión de datos: la adquisición de datos, la documentación de datos (metadatos), el control de calidad, el almacenamiento de datos y el archivo de datos. Los sistemas deberían poder proporcionar también la visualización de la información y la generación de productos.

Adquisición de datos

La adquisición de datos incluye la coordinación para recibir los datos del observador o de la organización que realice la observación, el método de adquirir la información y el sistema que procesa funcionalmente los datos en la instalación de almacenamiento del centro de datos. Las observaciones individuales realizadas con el propósito de predicción meteorológica local, nacional o global deben retenerse para aplicaciones climatológicas. Las observaciones realizadas en estaciones climatológicas y de otro tipo, deben recogerse también, cada vez más en tiempo real, para di-

versas aplicaciones. Los informes de temperaturas máximas y mínimas y de precipitaciones diarias son de importancia capital en la vigilancia y predicción del cambio climático; pueden ser necesarios sistemas de codificación internacional para la transferencia de aquéllos y de otros datos no sinópticos. La adquisición de datos climáticos para las instalaciones de almacenamiento local y global se ha realizado tradicionalmente por correo y a través del Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT) de la OMM, pero los sistemas de adquisición necesitan manejar también recepción por correo electrónico, FTP requerido o dirigido y redes de comunicación dedicadas.

La importancia de la vigilancia regional y mundial de la transferencia de los informes climáticos esperados no debe exagerarse. La vigilancia reciente ha mostrado una importante deficiencia en los informes CLIMAT de la Red Sinóptica Básica Regional (RSBR), complicados por el uso de códigos obsoletos, mala codificación y falta de datos. Incluso los requisitos mínimos de las redes SMOC, acordados por la OMM, están lejos de cumplirse.

Documentación de datos (metadatos)

La documentación de datos incluye el inventario de datos, los historiales de la estación y la documentación de los conjuntos de datos. Los metadatos asumen una importancia mucho mayor en las aplicaciones climatológicas que en la meteorología sinóptica. El conocimiento de los cambios en un emplazamiento de observación, en las calibraciones de la instrumentación y en los propios instrumentos resulta esencial en la detección del cambio climático, al igual que los detalles de los métodos y algoritmos utilizados en el control de calidad de los datos, tanto en la fuente como antes del archivo final. Los metadatos deben reunirse y coordinarse a partir de todos los componentes del sistema de gestión de datos, y estar disponibles para el uso con los datos mismos.

Control de calidad

El control de calidad (cc) de los datos climáticos incluye los métodos que verifican que los datos, las correcciones y ajustes de los datos y las comparaciones con otros datos relacionados, sean correctos. Deben ejercerse los procedimientos de cc básicos por parte del observador o dentro de un sistema de observación automatizado. Son esenciales diversas comprobaciones de los informes manuscritos antes de la digitalización. Los mecanismos de realimentación necesitan estar preparados para avisar a los observadores y a los técnicos instrumentales sobre problemas en las medidas tanto en tiempo real como en informes posteriores. Estas prácticas son bastante comunes en la observación sinóptica.

Sin embargo, los análisis, estadísticas y productos climáticos pueden quedarse muy cortos en los requisitos del usuario debido a cambios desconocidos en la localización, la instrumentación y las recalibraciones, a lagunas en el registro y a una resolución espacial insuficiente de las redes básicas. Los procedimientos de control de calidad utilizados en la predicción numérica del tiempo pueden ser de gran apoyo para las aplicaciones climáticas, particularmente el uso de procedimientos de análisis objetivos para detectar valores erróneos y desplazamientos instrumentales. Sin embargo, los procedimientos de cc a aplicar antes del archivo final tienen que ser, y generalmente son, más extensos que los utilizados para comprobar la calidad de los datos para uso sinóptico. El sistema de gestión de datos debe posibilitar la eliminación de errores de entrada de datos, la aplicación de cc regulares y sistemáticos según se reciben más datos, la aplicación de diversas técnicas estadísticas, la presentación de datos dudosos (incluyendo informes de estaciones climáticas e hidrológicas) para su revisión manual, el marcado de datos sospechosos y la retención de las correcciones, estimaciones y metadatos.

157

Un paquete de cc del clima facilita habitualmente las comprobaciones de identificación e integridad, los tests de consistencia entre variables relacionadas, los tests de consistencia espacial y temporal de las variables individuales, los tests de tolerancia y tests de compatibilidad para resultados estadísticos (por ejemplo medias y sumas). Los sistemas de información geográfica son especialmente útiles en análisis espacial. Se utilizan técnicas avanzadas en la detección del cambio climático, como se describe en Folland [1].

Almacenamiento de datos

Los datos deben almacenarse de manera que se reduzca o se evite su deterioro físico antes del archivo permanente. Los registros climatológicos manuscritos y mecanografiados se han almacenado en sótanos y cobertizos, a veces sin catalogar e inaccesibles. Los datos deben transferirse a microfichas, CD-ROM u otros medios electrónicos. Esto es posible actualmente mediante escaneado electrónico y fotografía digital.

Cada país debería conservar un conjunto de sus propios mensajes sinópticos en forma digital, así como un conjunto de mapas analizados en formato original, microfichas o digitalizados para post-análisis no operativos.

Acceso a datos

El acceso a datos incluye aquellos medios y procedimientos para que los usuarios adquieran datos e información sobre los datos (metadatos). Se requiere el acceso por parte de los usuarios internos dentro de un

Servicio Meteorológico o Hidrológico Nacional (SMHN), incluyendo aquellos que tratan el cc y el archivo, y los que proporcionan servicios climáticos. Cada vez más, agencias nacionales e internacionales, investigadores y usuarios comerciales solicitan dicho acceso, que se proporciona por parte de los centros de datos propietarios de acuerdo con las condiciones que se aplican a las diferentes categorías de usuario, manteniendo el cumplimiento de la resolución 40 de la OMM (Cg-XII). Los sistemas distribuidos de suministro de datos se encuentran en consideración o en desarrollo en algunas regiones, con el potencial de ofrecer acceso a cualquier usuario. Una estructura básica es aquella en la que una solicitud de datos de un usuario llega a un servidor que procesa las solicitudes y organiza el acceso. El servidor central debería estar unido a servidores residentes en los diferentes SMHN con una interfaz común. Los datos llegarían entonces al usuario desde cualquiera de los servidores distribuidos o desde el central.

La evolución de los ordenadores y de la Red Informática Mundial (WWW) ha hecho que el acceso, recuperación e intercambio de datos digitales sea una tarea relativamente simple para muchos países. Un método preferido para acceder a grandes volúmenes de datos es el protocolo de transferencia de ficheros (FTP). Los conjuntos de datos menores pueden exhibirse y ser de acceso conveniente en páginas WWW o mediante la transferencia de medios magnéticos. Los enlaces de comunicación en Internet deberían estar protegidos por los últimos sistemas de seguridad de *software* disponibles para minimizar el peligro de acceso indeseado o manipulación o corrupción de ficheros. La Tabla 1 muestra una lista de la información mensual y de otras informaciones climáticas a las que se puede acceder fácilmente en la *Web* (véase <http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/csm/html/accesscsmprod.html>).

Los medios de entrega de datos a usuarios externos deben cumplir obviamente su capacidad de leer y utilizar los datos. Muchos usuarios requieren información todavía en papel, correo electrónico, CD-ROM y disquetes.

Es altamente improbable que los formatos archivados utilizados para datos climatológicos en un país sean los mismos que los utilizados en otro. Si los datos digitales están compactados o en un formato especial no de texto, es extremadamente útil para el centro de archivos contribuyente proporcionar rutinas de "lectura" de un archivo para acompañar a los datos digitales solicitados. Además, debería acompañar a los datos la documentación del formato, que describe la organización de los datos, los tipos de elemento y cualquier otra información pertinente.

Archivo

El archivo de datos se refiere al almacenamiento permanente, al control y al acceso permitido a los datos durante el período de archivo.

Los archivos pueden variar desde un simple almacenamiento de información manuscrita hasta un sofisticado almacenamiento informático. Tanto si el medio de almacenamiento es simple o complejo, el archivo debe disponerse de modo sistemático, con nombres únicos y localizaciones asignadas a cada conjunto de datos, de modo que se facilite la búsqueda de los archivos de datos y la recuperación de la información.

La estructura del archivo, tanto física como electrónica, dependerá del coste, la formación disponible para el personal, los medios de los datos, el volumen de datos y los requisitos de expansión y la facilidad de uso interno y externo.

Visualización

Para evaluar la representatividad de los datos y cualquier dato dudoso que esté marcado en el sistema de gestión de datos, se requiere la representación de las medidas de una variable, de las variaciones espaciales, de los campos estadísticos y de otros parámetros meteorológicos y no meteorológicos. La visualización de texto, gráficos e imágenes es también necesaria en el proceso de publicación de la información climatológica.

Publicación y generación del producto

La publicación de datos y resúmenes y la generación de productos para diversas áreas de aplicación son actividades habituales y fundamentales dentro de un Servicio Meteorológico y deberían ser también un determinante de las características de un sistema de gestión de datos climáticos.

El uso de los ordenadores ha simplificado en gran medida la publicación de datos y resúmenes. La entrada de datos codificada, el control de calidad de los datos, el resumen y los análisis y el formato de presentación del resultado pueden conseguirse a menudo con un sistema automatizado que está acompañado por la revisión manual de la información generada por el ordenador. El resultado del ordenador puede publicarse mediante "impresión *offset*", en la que se fotografían y se reproducen el resultado del ordenador y la información manuscrita asociada. A veces, es más económico fotocopiar simplemente las hojas de datos existentes que imprimir informes. Los desarrollos recientes posibilitan que los sistemas de impresión acepten la entrada directa desde ordenadores, superando así a los métodos tradicionales de impresión.

Tabla I

Acceso a productos de la vigilancia del sistema climático global (VSC)

<http://www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/csm/html/accessscsmprod.html>

Tabla I-A

Productos del Boletín VSC de la OMM. Puede accederse directamente a la mayoría de los productos que se incluyeron anteriormente en el boletín mensual mediante los siguientes enlaces:

Mapas Climáticos Regionales: semanales, mensuales y trimensuales (CPC, NOAA, EE.UU.)

Puntos de interés del Clima Global: actual (CPC, NOAA, EE.UU.)

Puntos de interés y Anomalías del Clima Global: semanal (CPC, NOAA, EE.UU.)

Perspectivas Climáticas de los EE.UU. y mundiales: (CNDC, NOAA, EE.UU.)

Asesoría de Diagnóstico de El Niño/Oscilación Austral (ENOA): (CPC, NOAA, EE.UU.)

Índices SST y Atmosféricos Seleccionados: (CPC, NOAA, EE.UU.)

Gráfico del Índice de Oscilación Austral (SOI): (Oficina de Meteorología, Australia)

Archivos del SOI, de 1876 hasta el presente: (Oficina de Meteorología, Australia)

Anomalía del Nivel del Mar en el Océano Pacífico: (CPC, NOAA, EE.UU.)

Boletines Mensuales y Decenales: (Centro de Vigilancia de la Sequía, Kenia)

Boletín del Ozono Antártico de la OMM: (PIAMA, OMM)

Cosechas de Alimentos y Escasez: (FAO, Italia)

Tabla I-B

Otros productos VSC globales. Los informes globales integrales sobre el sistema climático están disponibles mediante los siguientes enlaces:

Productos de Análisis y Vigilancia: (CPC, NOAA, EE.UU.)

Boletín de Diagnóstico Climático: (CPC, NOAA, EE.UU.)

Proyecto de Información Climática: (OGP, NOAA, EE.UU.)

Vigilancia Climática En Línea —resumen de datos estacionales de la Unidad de Investigación Climática—: (Universidad de East Anglia, Reino Unido)

Investigación y Aplicaciones Climáticas: (CNDC, NOAA, EE.UU.)

Centro Mundial de Climatología de la Precipitación: (CCPG, Servicio Meteorológico de Alemania)

Extracto de Información Climática del IRI: (Instituto Internacional de Investigación sobre la Predicción del Clima, EE.UU.)

Informe Mensual sobre el Sistema Climático: (Agencia Meteorológica de Japón, División de Predicción del Clima)

Guía informativa de El Niño

159

Normas y directrices de datos internacionales: modelos de bases de datos

El sistema CLICOM y el Sistema de Gestión de Bases de Datos climáticos (SGBD), desarrollados por la OMM, se han convertido en la norma internacional para los centros climáticos. Cualquiera que sea el SGBD elegido, el tema más importante es el modelo de base de datos. Una base de datos climatológicos es habitualmente algo diferente de una base de datos “meteorológica sinóptica”, requiriendo así un modelo de base de datos diferente. El requisito climatológico no es necesariamente recuperar datos codificados tan rápidamente como sea posible para programas de aplicaciones específicas, sino acceder a los valores en una forma descodificada, y ser capaz de realizar operaciones lógicas, por ejemplo, extraer datos con restricciones específicas.

El primer requisito en el desarrollo de una base de datos climáticos es determinar una única manera para la identificación de cada lugar para el que se almacenan las observaciones. La mayoría de las bases de datos climatológicas utilizan un número de identificación y mantienen los metadatos en un conjunto de tablas que relacionan el identificador de localización con el historial del lugar, el programa de observación y la instrumentación. Una segunda necesidad es referir las observaciones climatológicas a tiempo UTC más que a tiempo local.

No existe un acuerdo sobre la estructura óptima de una base de datos climatológicos. Existen diversas variedades de soluciones que dependen de necesidades diferentes. Una necesidad puede ser acceder a todos los datos para un período determinado, pero otra necesidad puede ser acceder a una serie temporal de

datos para una localización dada. Las necesidades tendrán un fuerte impacto sobre el espacio físico de almacenamiento necesario, o sobre el tiempo de cargar o de acceder a los datos. Sin embargo, una revisión de las bases de datos climáticos nacionales muestra que los países que realizan tanto adquisición en tiempo real (es decir importación de datos al menos una vez al día) como "off line" (por ejemplo mensualmente) han elegido en general una estructura basada en registros con los siguientes campos: identificador de estación, Fecha y hora, Marca de Registro, Valor del Elemento 1, Marca del Elemento 1, Valor del Elemento 2, Marca del Elemento 2, etc. El nombre de la columna es el método preferido de identificación del elemento. Las Marcas se introducen para proporcionar información sobre la calidad general del registro y de los elementos individuales.

No todos los datos pueden almacenarse en una simple tabla. Pueden definirse diferentes tipos de tabla según los tipos de observación o de computación. Por ejemplo, la base de datos puede estar compuesta por los siguientes tipos genéricos de tabla: una tabla de altitud, una tabla de datos de superficie, una tabla de datos mensuales y una tabla de datos normales. Además, las tablas genéricas se pueden dividir. Las opciones son numerosas: por tipo de instrumento (automáticos frente a los atendidos por personas), por datos regionales, por tiempo, por cada estación, por cada año o combinaciones de todas ellas. El inconveniente que resulta de dividir las tablas genéricas es debido a la necesidad de unir algunas de ellas para el análisis posterior, y los procedimientos de gestión adicionales que se generan. Por otro lado, frecuentemente, las ventajas son un tiempo de respuesta muy mejorado para el acceso y el análisis.

El Plan de Gestión de Datos e Información del G3OS

Se encuentra en desarrollo un plan de gestión de datos e información [2] para satisfacer las necesidades del SMOC, así como del Sistema Mundial de Observación Terrestre (SMOT) y del Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO), conocidos colectivamente como G3OS. El plan contiene y refuerza muchos de los requisitos para la gestión de datos climáticos ya descritos, y extiende su aplicación y coordinación a otros dominios observacionales. En particular, el plan destaca la importancia suprema de la adquisición y archivo de metadatos, incluyendo datos técnicos detallados sobre el lugar de observación, la instrumentación, las calibraciones y cc, así como el catálogo y la indexación de los datos. El plan solicita también el establecimiento de centros de datos nacionales o multinacionales para reunir, procesar y enviar a un archivo

final aquellos datos necesarios para los propósitos del G3OS. Las actividades mínimas del archivo final están modelizadas por las de los Centros Mundiales de Datos del Consejo Internacional para la Ciencia (CIUC). Éstas incluyen la necesidad de asegurar que se hacen copias de seguridad, el almacenamiento de los datos en forma original o en una forma en las que los datos y metadatos originales puedan recuperarse, la actualización del medio de almacenamiento para asegurar una accesibilidad continua, y la provisión de todos los datos y metadatos libres de carga de datos. Se requerirá a los centros de archivo de datos que proporcionen directorios computerizados en línea internacionalmente accesibles según las normas acordadas. El sistema de gestión de datos global propuesto incluye un centro de referencia para evitar el expurgado y la pérdida de datos importantes.

Información sobre el mantenimiento de datos climáticos

La información sobre el mantenimiento de datos y productos climáticos, y el acceso a estos, puede encontrarse en las páginas *Web* de algunos Servicios Meteorológicos e Hidrológicos nacionales, pero en muchos casos sigue siendo necesario hacer una solicitud al Servicio para determinar lo que puede proporcionarse y en qué condiciones. Los centros de datos internacionales, tales como los Centros Nacionales de Datos de Aerosoles (CMD-A), proporcionan herramientas de búsqueda y de acceso basadas en la *Web*. Últimamente, siguiendo el Plan G3OS descrito en la última sección, se ha establecido un Centro de Información sobre los Sistemas Mundiales de Observación (CISMO) en los Estados Unidos de América para proporcionar una amplia gama de información sobre el SMOC, el SMOT y el SMOO. La información incluye los requisitos observacionales del G3OS, los procedimientos de acceso para encontrar datos y productos operativos e históricos del G3OS, las herramientas de búsqueda y adquisición, la información sobre el control de calidad y la producción de estadísticas, y los informes de vigilancia sobre el flujo de datos y metadatos. La dirección de la *Web* del CISMO es <http://www.gos.udel.edu/>.

Métodos actuales y futuros de manejo y procesamiento de datos

Computación climática

En 1985, la OMM estableció el proyecto CLICOM, utilizando una versión antigua del Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) que proporcionaba la adquisición, el control de calidad, el almacenamiento y el archivo de datos climáticos, la creación y captura de metadatos y la elaboración de productos de aplicaciones climáticas. El CLICOM es también parte integral del proyecto de Rescate de Datos (DARE) en África, utili-

zándose para digitalizar registros manuscritos del tiempo en mal estado. Se han desarrollado numerosas aplicaciones utilizando el CLICOM, particularmente para agrometeorología operativa, para la que se ha producido un *software* estadístico interactivo especial. El sistema ha seguido evolucionando y opera actualmente en más de 140 países de la OMM, permitiéndoles mantener y desarrollar sus servicios climáticos. Se encuentran actualmente en consideración los paquetes de aplicaciones para la gestión de la sequía y la salud. La versión última (y definitiva) del *software* del sistema CLICOM, publicada en enero de 2000, proporciona también la codificación de mensajes de la OMM.

Gran parte del éxito del proyecto puede atribuirse a los convenientes paquetes de *hardware*, de *software* CLICOM, de *software* comercial y a un programa de formación bien planeado, que han probado ser atractivos tanto para los países donantes como receptores. Se han establecido cuatro Centros de Apoyo de Área en el mundo para dirigir la formación CLICOM regional y para realizar cierto mantenimiento y funciones de desarrollo del *software*.

Métodos futuros de manejo y procesamiento de datos

Los SGBD han revolucionado la gestión de datos climáticos al permitir un almacenamiento, acceso, conversión y actualización eficientes y sencillos para muchos tipos de datos, y al potenciar la seguridad y la coherencia de las bases de datos. Los SGBD relacionales están ampliamente disponibles en el mundo, en la actualidad. La mayoría están basados en el lenguaje (SQL) (Lenguaje Estructurado Estándar de Preguntas), que permite una completa independencia entre la organización física y lógica de los datos y requiere una mínima formación para su uso. La mayoría de los SGBD puede funcionar en diferentes plataformas (informáticas) y es compatible con diferentes sistemas operativos. Se benefician del progreso de los ordenadores en cuanto a velocidad y capacidad de almacenamiento, y son actualmente capaces de gestionar bases de datos muy grandes que alcanzan cientos de gigabytes o terabytes. Los SGBD de nueva generación incluyen técnicas para la comunicación entre conjuntos de datos y permiten la recuperación de datos mediante la Red WWW. Está disponible una nueva generación de sistemas de gestión de la información que pueden gestionar todo tipo de información, para todo tipo y tamaño de aplicación, con soporte *Web*, correo electrónico y multimedia, en continua evolución desde las técnicas de computación locales a la computación en redes.

La actuación de un SGBD se ve habitualmente potenciada si opera con arquitectura de cliente/servidor,

con la base de datos en un servidor y las aplicaciones funcionando en los ordenadores de los clientes. En los modelos de tres niveles, los datos se centralizan para formar el nivel "base de datos", las aplicaciones y las herramientas de la base de datos forman un segundo nivel que se sitúa en un servidor dedicado a aplicación, y el tercer nivel es el acceso del cliente a las aplicaciones y los datos con un ordenador a través de la red. Siempre que las Redes de Área Local (LAN) y otras redes sean lo suficientemente potentes, puede ejecutarse una base de datos distribuida mediante la división de la base de datos en diversas partes localizadas en diferentes ordenadores, pero accesibles como una única base de datos. La mayoría de los SGBD comerciales posibilitan la transparencia de las localizaciones físicas o geográficas de los datos al usuario.

La evolución posterior de los Sistemas de Gestión de Bases de Datos sobre el Clima (CDMS) en la OMM está en revisión activa [3], y se han reexaminado las necesidades de los Miembros. La funcionalidad global requerida es básicamente como antes, excepto por nuevos requerimientos relacionados con el proceso de datos medioambientales, así como climáticos, y la necesidad de hacer fácilmente accesibles los datos y metadatos para el intercambio nacional e internacional mediante Internet, así como SMT. Los Miembros han solicitado que la estrategia de desarrollo y ejecución proporcione al futuro sistema el aprovechamiento de los sistemas nacionales existentes (incluyendo los avances del CLICOM) y la experiencia, la maximización del uso de *software* comercial y el uso de *software* de tres niveles industrial estándar utilizando componentes modulares. Varios Miembros han desarrollado CDMS mejorados y se ha decidido actualmente una estrategia para compartir y ensayar inicialmente éstos frente a los requerimientos de los Miembros.

El acceso a los datos no es siempre un proceso simple, especialmente si se utiliza SQL. El desarrollo de interfaces gráficas de usuario que proporcionan un entorno de "apuntar y picar" es una respuesta al problema del acceso. El enfoque recomendado actual es desarrollar interfaces de fácil manejo para permitir a los usuarios acceder a una serie de paquetes de análisis estándar iniciando menús sencillos y alterando parámetros específicos. Esto tiene limitaciones, pero habitualmente satisface más del 80 por ciento de la mayoría de las solicitudes de los usuarios.

Los productos de predicción climática estacional e interanual se encuentran actualmente disponibles, en su mayoría, mediante Internet. En algunos casos, el control de la contraseña está operado por los suministradores, para la mayoría o para productos específicos, dependiendo, por ejemplo, de las regiones geo-

gráficas cubiertas. Se espera que ésta siga siendo una característica de los sistemas de adquisición.

Conclusiones

Los desarrollos en climatología y sus aplicaciones están planteando demandas significativas y complejas a los sistemas globales para la gestión de datos. En particular, los temas de cambio climático han creado la necesidad de acceso al tratamiento y la consolidación de datos atmosféricos, medioambientales, terrestres y oceánicos, así como la necesidad de una transferencia internacional de datos meteorológicos diarios, muchos de los cuales han estado retenidos en los archivos nacionales en el pasado. Los sistemas avanzados de control de calidad y los metadatos detallados son esenciales para la evaluación del cambio climático y su atribución. Para los países en vías de desarrollo, los nuevos sistemas de gestión de datos climáticos se especifican para asegurar los datos, facilitar el control de calidad local y posibilitar que se generen productos para diversas aplicaciones. En el mundo desarrollado, los sistemas distribuidos de suministro de datos se diseñan para que puedan permitir el acceso a las agrupaciones de datos nacionales y para que posibiliten que se satisfagan los requisitos de la OMM y las prácti-

cas comerciales de los SMHN. En general, debe permitirse la adquisición de datos y el acceso del usuario a través de Internet (FTP, páginas *Web* y correo electrónico), CD-ROM y disquetes, además de los métodos establecidos de telecomunicación y en papel.

Es particularmente necesaria la colaboración con los implicados en la gestión de datos, en los sistemas de información y en las prácticas para la predicción del tiempo con respecto a la adquisición y a la vigilancia de datos, asegurando que se ejercen unos procedimientos de control de calidad apropiados en, y cerca, de la fuente de los datos, del registro y adquisición de metadatos y de la estructura y operación de las bases de datos.

Referencias

- [1] FOLLAND, C. y otros, 2000. Incertidumbres de las series de datos climáticos — un reto para la OMM. *Boletín de la OMM* 49(1), 66-76, Ginebra.
- [2] JDIMP (GEMDI), 2000. GCOS/GOOS/GTOS Joint Data and Information Management Plan, Versión 1.0. GCOS 60. WMO/TD No. 1004. Ginebra.
- [3] WCDMP (PMDVC), 1999. Report of the Meeting of the WMO Commission for Climatology Task Group on a Future WMO Climate Database Management System. WCDMP-38. WMO/TD No. 932. Ginebra.

Mujeres en los servicios de meteorología e hidrología operativa

La India

Narendran Jayanthi



Narendran Jayanthi

Narendran Jayanthi ingresó en el Departamento Meteorológico de la India (DMI) en 1969 como Funcionaria Júnior. Después de completar su formación avanzada en meteorología, trabajó en la Oficina Central de Predicción Meteorológica de Pune, convirtiéndose así en la primera mujer predictora del DMI. Desde entonces, ha estado asociada intensamente a diversas actividades del Servicio Meteorológico, trabajando en diferentes puestos en diversos lugares de la India, incluyendo el área del Centro de Alerta de Ciclones de Chennai (Madrás). Actualmente es la directora del DMI en el aeropuerto de Chennai.

Jayanthi tiene más de 25 años de experiencia en predicción meteorológica y más de 40 artículos de investigación acreditados. Sus principales áreas de interés han sido la predicción a largo plazo, el acoplamiento estratosférico-troposférico, los ciclones tropicales y la predicción inmediata para aviación. Puede mencionarse también su contribución a la preparación del Manual de Ciclones, al borrador de los planes de contingencia para el Comité de Mitigación de Desastres Ciclónicos de los estados marítimos de la India y al plan sobre el sistema de alerta de desastres ciclónicos que utiliza INSAT, el "retropronóstico" de temporales que afectan a la costa hindú y a diversos otros proyectos inter e intradepartamentales. Se le concedió un doctorado por la Universidad de Madrás en reconocimiento a su tesis sobre "Ciclones tropicales en los mares de la India".

Jayanthi tomó parte en la segunda y en la novena sesiones de la reunión del Grupo de Expertos de la OMM/CESPAP celebrada en Chennai. Asistió a muchos seminarios y simposios y fue conferenciante invitada, presidenta y ponente en diversos foros científicos e