

# LOS CENTROS MUNDIALES DE DATOS DEL CIUC

(SOLARES, GEOFISICOS Y RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE)

## UNA BREVE HISTORIA – SITUACION ACTUAL – NUEVOS DESAFIOS

Por Stan RUTTENBERG<sup>1</sup>

### Antecedentes

En los siglos XVIII y XIX, los datos de los primitivos observatorios geomagnéticos y sísmicos se intercambiaban principalmente, por medio de publicaciones o de los cuadernos anuales de observación. No existía un medio adecuado para copiar los registros originales. Las expediciones oceanográficas o geológicas hacían conocer a sus colegas los datos recogidos por medio de los registros de la expedición. Benjamin Franklin y Mathew F. Maury obtuvieron datos del Atlántico directamente de los capitanes de los barcos, pudiendo así realizar el primer estudio oceanográfico “sinóptico”: la Corriente del Golfo. Maury sugirió una colaboración internacional en la obtención de datos, lo que ayudó a estimular el Primer Año Polar (PAP) (1882-1883); los datos del PAP se recogieron en informes y libros. La invención del telégrafo hacia 1860 hizo posible el uso de datos de estaciones meteorológicas regionales para informar del tiempo “del área de donde viene el viento”, haciendo así posible las primeras predicciones y confirmando la hipótesis de Franklin de que los fenómenos meteorológicos se propagan de oeste a este. Los datos meteorológicos se intercambiaban regionalmente de forma regular mediante el telégrafo, más tarde mediante el teletipo y en 1940 se establecieron redes internacionales. A continuación, describiremos brevemente la última expansión de las redes meteorológicas internacionales bajo el estímulo de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM.

### El AGI y la fase inmediata post-AGI

Los organizadores del AGI (Año Geofísico Internacional) decidieron en la reunión del Comité

Especial para el AGI (CSAGI), en Bruselas (1955), que los cuadernos de datos de las estaciones y los informes de las expediciones eran insuficientes para la investigación moderna. Razonaron que el conjunto de datos del AGI, tanto los de tipo rutinario como las series de datos especiales, deberían conservarse formalmente en centros de datos de larga duración para su uso futuro. Los organizadores del CSAGI fueron también notablemente clarividentes al sugerir que deberían proporcionarse medios para el manejo de estos datos “por medio de máquinas”; en aquellos días esto significaba tarjetas perforadas en clave Hollerith, pero las mismas directrices son válidas hoy para nuestra tecnología actual. Se creó el sistema de Centros Mundiales de Datos (CMD), para el que se desarrollaron planes explícitos de gestión de datos para cada disciplina del AGI. Estos planes explicaban con detalle qué datos y en qué formato deberían enviarse a horas definidas al CMD del AGI para su archivo y su futura disponibilidad para los investigadores. La OMM se ofreció a actuar como Centro Mundial de datos del AGI para Meteorología; recogió y más tarde publicó en microfichas todos los datos del AGI.

En la década de los 60, poco después de crearse el nuevo programa del AGI (1957), quedó estructurado como una red general, y los conjuntos de datos del AGI han permanecido accesibles a los usuarios, a pesar de algunos cambios en el sistema CMD. Las *Guías de Intercambio de Datos* de los CMD para cada disciplina se convirtieron en los acuerdos de intercambio básico de los nuevos programas internacionales. Los programas de la física de la Tierra y los años internacionales del Sol en calma –continuación del AGI– incluían planes de gestión de datos que, en muchos aspectos eran análogos a los del AGI. Por otra parte, el sistema CMD del AGI continuó bajo los auspicios del CIUC (Consejo Internacional de

\* Presidente del Panel del CIUC para los CMD

Uniones Científicas) con sólo algunos cambios; la mayoría de los organismos patrocinadores nacionales estuvieron de acuerdo en continuar los CMD para utilizarlos en futuros programas. Sin embargo, la OMM estableció su sistema propio de centros de datos que, continuando en la actualidad, evoluciona para servir nuevas necesidades. Para apoyar los programas nuevos de la Tierra sólida se crearon dos centros para nuevas disciplinas: Geología y Geofísica Marina y Recientes Movimientos de la Corteza Terrestre.

El propio programa AGI se limitó y su sistema de CMD no cubría todos los puntos de interés:

*El AGI no incluía la hidrología.* Hasta épocas recientes no ha habido nunca esfuerzos coordinados (bajo la OMM) de establecer centros de datos para el intercambio internacional de los datos hidrológicos. Algunos datos hidrológicos útiles se pueden deducir de algunas observaciones de satélites y actualmente se está discutiendo la creación de un nuevo centro de datos hidrológicos procedentes de satélites.

*El intercambio de datos meteorológicos nunca incluyó mucha química atmosférica.* Incluso se ha interrumpido un programa AGI sobre radiación nuclear (seguimiento de productos residuales radioactivos procedentes de explosiones nucleares). Sin embargo, como consecuencia del incidente de Chernobyl y la propagación de la contaminación radioactiva, la OMM y la CMD-A de Meteorología establecieron un sistema de vigilancia para acontecimientos similares. Japón, estimulado por las discusiones sobre el clima del Panel intergubernamental sobre el cambio climático, estableció un centro de datos para los gases del efecto invernadero que está operando en la actualidad en apoyo de la Vigilancia Atmosférica Mundial (VAM) de la OMM.

*El AGI no incluía la geología convencional.* La Unión Internacional de Ciencias Geológicas (UICG) ha desarrollado algunas actividades y un grupo de trabajo sobre datos. Sin embargo, algunos datos geológicos, por ejemplo, para los proyectos circum-Pacífico y Atlántico, han sido incluidos en algunos de los CMD para la geofísica de la Tierra sólida. Sin embargo, la UICG aún no ha respondido a las solicitudes del Panel para ampliar su uso del sistema CMD.

*Los datos obtenidos de satélites nunca fueron intercambiados por el AGI.* Sin embargo,

muchas observaciones espaciales son convertidas en datos geofísicos y recogidas por los respectivos centros especializados en esas disciplinas, especialmente para los productos meteorológicos y oceanográficos.

*Los datos glaciológicos intercambiados por el AGI fueron bibliografías o artículos publicados.* No se intercambiaron datos de nieve o hielo; éstos son ahora de considerable interés para el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP). La Comisión Internacional de la Nieve y el Hielo, perteneciente a la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, proporciona alguna orientación y hay ahora un comienzo de recomendaciones para el intercambio de datos de la capa de nieve y hielo y sobre la situación de los glaciares de montaña y del hielo marino.

### **Algunos acontecimientos relacionados con el final del AGI**

Durante las décadas de los sesenta y setenta ocurrieron algunos acontecimientos que tuvieron implicaciones significativas para el sistema CMD:

*Las organizaciones meteorológicas nacionales, operando en coordinación con la OMM, desarrollaron la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) incorporando un amplio Sistema Mundial de Telecomunicaciones (SMT) y un Sistema Mundial de Proceso de Datos (SMPD).* A través del SMT, los datos meteorológicos operativos se recogen dos veces al día y posteriormente se distribuyen las predicciones y muchos otros productos meteorológicos. Así se hacen disponibles los datos meteorológicos que se necesitan para la investigación, pero con algunos defectos: los países han declinado intercambiar todos sus datos a través del SMT en vista de la mayor resolución y de los datos especiales que son de mayor interés nacional. Faltan, por ejemplo, algunos datos de la atmósfera superior y de radiación, así como datos de regiones con redes climatológicas más densas, pero, en principio, están disponibles desde los Servicios nacionales. El CMD del AGI se activó considerablemente para apoyar a dos importantes proyectos meteorológicos mundiales: el Programa Mundial de Investigación de la Atmósfera (GARP) y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas



(PMIC), ambos organizados conjuntamente por la OMM y el CIUC. La *Guía de intercambio de los datos meteorológicos* del AGI no se ha revisado desde 1963, cuando los datos que debían intercambiarse eran especificados siguiendo las directrices de la OMM, incluyendo nuevas áreas como datos sobre el ozono. El Cuarto Congreso de la OMM adoptó una resolución que confirmó que los datos recogidos y difundidos bajo acuerdos de la OMM continuarán estando disponibles para la investigación.

*"El intercambio sin restricciones de datos del medio ambiente es una condición indispensable de cualquier programa de investigación para comprender la Tierra y sus variabilidades."*

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) fue fundada por la UNESCO para coordinar y patrocinar programas oceanográficos principalmente de uso operativo. La COI desarrolló un amplio sistema de centros de datos y directrices para el intercambio de datos oceanográficos. El Sistema CMD del CIUC adoptó estas directrices por contener las mejores recomendaciones sobre el tema. Los sistemas COI y CIUC están ahora completamente integrados, proporcionando los CMD del CIUC la cúspide de los centros nacionales y de datos especiales del COI. La primera guía conjunta COI/CIUC fue editada en 1991.

Muchas organizaciones nacionales que tenían CMD desarrollaron amplios Centros Nacionales de Datos (CND), de los cuales existían muy pocos en muy pocos países durante el AGI. Hoy, la mayoría de los CMD están integrados en estos CND mucho más amplios: la distinción operativa y de mantenimiento económico entre CND y CMD es un tanto difusa. Sin embargo, los CND mantienen sus obligaciones de intercambio internacional completo y de servicio a cualquier científico que necesite datos a través de sus CMD. La combinación CMD/CND parece ser muy poderosa, ya que mantiene los sistemas nacionales, sirviendo sus necesidades; pero, además, a través de su componente CMD, puede continuar asegurando una disponibilidad de datos sin restricciones.

Ha nacido la "disciplina" de física solar-terrestre: observaciones solares, magnéticas terrestres e interplanetarias, de rayos

ionosféricos y cósmicos. Algunos centros de datos se han reorganizado en centros nuevos y combinados de datos STP. Las guías de datos geomagnéticos e ionosféricos se han puesto al día regularmente, apareciendo la última en 1988; las guías de actividad solar y rayos cósmicos sólo fueron puestas al día alrededor de 1979. Las disciplinas de las auroras y la luz celeste han cambiado su carácter significativamente y ya no son disciplinas separadas; la mayoría de sus redes con base en tierra han sido reemplazadas por satélites.

### Avances tecnológicos recientes

Los avances tecnológicos han permitido reemplazar los antiguos instrumentos analógicos por instrumentos digitales e iniciarse redes de instrumentos digitales, lo que implica una simplificación de la recogida y la distribución de estos datos (por ejemplo, ionosféricos, geomagnéticos y sismológicos). Las nuevas guías de la ionosfera y del geomagnetismo describen los datos digitales; no hay ninguna guía actual para datos digitales sísmicos. Las estaciones meteorológicas de superficie están siendo automatizadas e incluso los sondeos aerológicos son semiautomáticos, permitiendo su inclusión en el SMT más rápida y puntualmente.

En la década de los ochenta se establecieron las redes de comunicación de datos digitales y ahora es posible, por medio de conexiones electrónicas digitales, que los investigadores que tengan acceso, puedan transferir grandes cantidades de datos e incluso ficheros completos por medio de los protocolos de transferencia de ficheros (FTP) a través de las redes digitales. La mayoría de investigadores de los países desarrollados tienen acceso a velocidades de transferencia de  $56 \text{ kbyte s}^{-1}$ , mientras que transferencias de  $1,5 \text{ Mbyte s}^{-1}$  e incluso  $50 \text{ Mbyte s}^{-1}$  proporcionan un servicio aún más rápido. El correo digital (correo electrónico) se está haciendo disponible de forma general, pero hay todavía muchas regiones con un servicio limitado: las pequeñas universidades y la mayoría de las universidades de los países en desarrollo no disponen aún de correo electrónico. Los optimistas opinan que dentro de 10 años todos los científicos dispondrán del servicio del correo electrónico y alguna capacidad FTP limitada.

Ha habido un enorme crecimiento en pequeños ordenadores personales (PC) que pueden leer disquetes de alta densidad y acceder a CD-ROM. Los PC más potentes que los "superordenadores" de los setenta son ahora prácticamente ubicuos y los lectores de CD-ROM son casi también lo mismo. Muchos CMD están publicando colecciones de datos digitales en CD-ROM para una fácil distribución a bajo coste de un gran número de series de datos populares.

### Algunos asuntos contemporáneos

Existen tres necesidades importantes para apoyar con el mayor interés posible los nuevos programas internacionales de investigación científica que tienen como finalidad la descripción del sistema complejo de la Tierra, no linealmente interactivo, con el objetivo final de predecir su evolución y su estado en el próximo futuro:

- Asegurar la disponibilidad sin restricciones de los datos del medio ambiente de todo tipo relacionados con el sistema terrestre, para: a) describir las condiciones de frontera que definen el estado presente de los sistemas climáticos y biosféricos de la Tierra y una amplia variedad de actividades humanas que afectan o están afectadas por el sistema; b) comprender cómo se comporta la multitud de procesos individuales físicos y biosféricos que intervienen en el sistema total, y c) vigilar aquellos procesos que determinan las muchas variabilidades dentro del sistema.
- Poner al día, dentro de lo posible, los registros históricos, comenzando con la era de instrumental moderno que, en algunos lugares, comenzó hace 200 años, para proporcionar el contexto a largo plazo que permita el estudio de las actuales variabilidades observadas en todos los lugares del sistema de la Tierra y convertir los registros instrumentales históricos a formato digital para facilitar los análisis por medio de ordenadores.
- Proporcionar manuales de datos de fácil uso que den a los usuarios los conjuntos de datos disponibles, su contenido, su cobertura, su formato y el procedimiento para obtenerlos.

*"... las naciones obtendrán mayor beneficio haciendo disponible sus datos que tratando de recobrar los costos de operación vendiendo los datos, ya que el tiempo y el clima, y los cambios globales de muchos tipos, son transnacionales y ninguna nación puede esperar comprender la situación de su medio ambiente fuera de un contexto continental o mundial".*

Con respecto a la primera necesidad se requiere la compilación de bases de datos conteniendo muchos tipos de datos relacionados, para los programas nuevos que den especial atención al intercambio de conjuntos de datos regionales o mundiales y algunos especializados (por ejemplo, el IGBP y el Decenio internacional para la reducción de los desastres naturales). Se necesita la colaboración de la comunidad científica y de las naciones que poseen importantes cantidades de datos del medio ambiente para asegurar la posibilidad de compilar bases de datos mundiales tan completas como sea posible. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo, (CNUMAD) Río de Janeiro, Brasil, junio de 1992, incluye en su Agenda 21, fuertes llamadas a la colaboración internacional con respecto a la disponibilidad e intercambio de datos. La política oficial del gobierno de EE.UU. es el hacer que los datos del medio ambiente, incluyendo los datos meteorológicos no procesados y operativos, estén disponibles de forma no restrictiva al costo más bajo que sea posible (es decir, nada más que lo que cuesta copiarlos). Las observaciones del LANDSAT que se comercializaron alrededor de la década de los ochenta están ahora en proceso de ser distribuidos sin carga económica. Por ejemplo, todas las imágenes del rastreador multiespacial con más de dos años de antigüedad están ya disponibles al precio de hacer las copias; los datos de cartografía temática se conservan por periodos más largos, pero los datos del nuevo LANDSAT se harán disponibles más ampliamente. Bajo el IGBP, los datos más recientes de alta resolución del LANDSAT y el SPOT\*, necesarios para el estudio de los procesos en la superficie de la Tierra, pueden estar disponibles para la investigación a bajo costo. Actualmente se llevan a cabo

\* Satélite de pruebas de observación de la Tierra (Francia)



conversaciones en EE.UU. sobre las observaciones de la nueva generación de grandes satélites de observación de la Tierra, que tienen instrumentación moderna y grandes corrientes de datos que están disponibles en el sistema CMD del CIUC, siguiendo los principios del CIUC de acceso no restringido, de no mantener en propiedad los datos y el costo más bajo posible para copiarlos, de acuerdo con la política de liberalización de datos discutida en la CNUMAD. El departamento espacial de EE.UU. está discutiendo su colaboración con sus correspondientes departamentos en otros países para hacer disponible de forma similar los datos del IGBP y del PMIC. Debemos esperar que todas las naciones acuerden hacer disponibles sus datos básicos de medio ambiente bajo las mismas condiciones abiertas; en opinión del autor, las naciones se beneficiarán más haciendo disponibles sus datos que intentando recobrar los costos operativos por la venta de datos, ya que el tiempo y el clima, y los cambios mundiales de muchos tipos, son transnacionales y ninguna nación puede esperar comprender la situación de su medio ambiente fuera de un contexto continental o mundial.

La segunda necesidad se está tratando de resolver con algunos proyectos pilotos de datos arqueológicos (por ejemplo, buscando datos ocultos en archivos o instituciones) y el rescate de datos (no sólo rescatarlos del peligro de deteriorarse, sino rescatarlos de publicaciones o de forma analógica, imposible de usarse en análisis de ordenadores y convertirlos en forma digital). Relacionado con el rescate de datos está el análisis cuidadoso de series antiguas, por ejemplo, registros de estaciones de superficie antiguas, corrigiendo errores de datos causados por cambio de instrumentos, métodos de observación, métodos de cálculo de medias, cambios de lugar de la estación y cambios en el microclima local debidos a causas tales como las urbanizaciones. El proyecto de Red Climatológica histórica mundial, organizada como parte del Programa mundial de datos y vigilancia del clima de la OMM es un buen ejemplo de cómo es posible obtener largas series de observaciones, internamente coherentes, de estaciones terrestres. Se ha realizado un trabajo similar con las series largas de observaciones de la temperatura de la superficie del mar, comenzando con las más

importantes exploraciones del decenio de 1770.

Paralelamente al trabajo de la OMM respecto a las estaciones meteorológicas, el sistema CMD está dedicado al rescate y digitalización de observaciones oceanográficas antiguas. Además, se colabora con China, Japón y la Federación Rusa para digitalizar registros geomagnéticos que se remontan aproximadamente a 1860 y a sondeos ionosféricos que se remontan a la década de los cuarenta; ambos parten de la relación solar-terrestre que debe tomarse en consideración en los estudios del cambio mundial. El registro histórico, en parte directo y la mayoría deducido de datos relacionados, también se está extendiendo hacia el pasado desde miles a cientos de miles de años. Son ejemplo los 4.000 años de observaciones directas de la variabilidad de las manchas solares desde China, datos de los anillos de los troncos de los árboles de muchas regiones, donde el crecimiento de los árboles está intimamente relacionado con los cambios del medio ambiente y de un análisis detallado del contenido de gas y de las temperaturas inferidas a partir de análisis isotópicos del interior de las masas de hielo de Groenlandia y del Antártico y, más recientemente, de los glaciares de zonas altas de los Andes y del Himalaya.

La tercera necesidad se está tratando por medio de manuales multivariados y multidisciplinarios para ayudar a los usuarios a encontrar datos. Un ejemplo importante es el INFOCLIMA de la OMM. Para investigar el cambio mundial se están redactando nuevos manuales por parte de varias organizaciones nacionales del espacio o del medio ambiente que están disponibles para cualquier científico con los enlaces de comunicaciones adecuados; algunos de estos enlaces permiten al usuario tener acceso a un conjunto de datos, examinarlo y pedir series de datos. También se están planificando, para otros científicos y usuarios sin tales enlaces de comunicaciones, copias en disquetes de algunos de los manuales, que se actualizan anualmente.

#### **Algunas acciones recientes referentes a datos por parte del CIUC**

En 1989, el CIUC, en su revisión del Sistema CMD, la FAGS (Federación de Servicios

Astronómicos y Geofísicos) y el CODATA (Comité sobre Datos para la Ciencia y la Tecnología) se hicieron las típicas preguntas burocráticas: "¿por qué necesita el CIUC varios organismos de datos?, ¿hay suficiente superposición para sugerir alguna fusión?". Las tres organizaciones defendieron vigorosamente su naturaleza especial y su independencia pero estuvieron de acuerdo en que serían útiles discusiones adicionales. La Junta Ejecutiva del CIUC pidió a las tres organizaciones que se reuniesen y discutiesen las posibilidades. La reunión del CODATA, la FAGS, el Panel de CMD y la Oficina del Sistema de Datos e Información del IGBP tuvo lugar en la sede del CIUC en París, en septiembre de 1992. El resultado fue un plan para que los expertos discutiesen la forma en la que las tres organizaciones del CIUC podían proporcionar un mejor servicio a la investigación por medio de su colaboración y al mismo tiempo apoyar la Agenda 21 alentando la libre disponibilidad de datos para estudiar el medio ambiente de la Tierra, su relación con las actividades humanas y su variabilidad causada tanto por influencias naturales o inducidas por el hombre.

### **Situación actual de los CMD\***

#### **Nuevos Centros**

El sistema parece estar en buena forma y ser viable: unos 40 centros están manteniendo sus fuentes de financiación, lo que siempre significa una continua lucha. Se han añadido tres nuevos centros al CMD-A (EE.UU.) en respuesta al IGBP-Cambio Mundial:

#### *CMD-A para gases en trazas*

El Laboratorio Nacional de Oak Ridge, del Departamento de la Energía, en Oak Ridge, Tennessee, EE.UU., operando en coordinación con el Centro de Análisis e Información del Dióxido de Carbono (CDIAC), se concentrará en los gases en trazas, tales como el dióxido de carbono y el metano, críticos para la base del proyecto internacional de estudio de la química de la atmósfera mundial, del IGBP. El CDIAC tiene una buena historia de estrecha colaboración con científicos y el CMD-A Meteorología para producir bancos de datos bien documentados con relación a estos gases.

Todos los datos están disponibles en formato digital con publicaciones describiendo cada conjunto de datos. Este CMD espera colaborar con la VAM de la OMM y con el Centro Mundial de gases de efecto invernadero de Tokio (Servicio meteorológico de Japón).

#### *CMD-A para datos terrestres obtenidos por teledetección, Centros de datos EROS (CDE)*

El CDE, instalado en la sede del *Geological Survey* de EE.UU., en Sioux Falls, Dakota del Sur, responsable de los datos del LANDSAT, produce cada dos semanas imágenes de la cubierta vegetal obtenidas por medio del instrumento AVHRR de la NOAA a bordo del satélite meteorológico de órbita polar, sobre América del Norte, en colaboración con Canadá, durante la estación de crecimiento vegetal, en alta resolución (nominalmente 1,1 km). También se obtienen datos mensuales durante el resto de las estaciones que no son de crecimiento vegetal. El CDE también produce, en colaboración con naciones de la Europa Occidental y la Federación Rusa, imágenes similares de la Europa Oriental y Asia Occidental. El CDE también obtendrá imágenes piloto mundiales de 1 km de resolución con el AVHRR, como un producto de datos del IGBP que actualmente dispone de fondos para 18 meses a partir de abril de 1992. Todos estos datos se están publicando o serán publicados en CD-ROM.

#### *CMD-A para la Paleoclimatología*

Este CMD está en el Centro nacional de datos geofísicos de la NOAA, en Boulder, Colorado, y está estrechamente conectado con PAGES, el proyecto central del IGBP en paleoclima, y trabaja conjuntamente con científicos para producir conjuntos de datos de alta resolución (anual) de los 1.000 años pasados, y en baja resolución (un siglo) de los 100.000 años pasados. Dentro de lo posible, se incluirán también datos climatológicos más alejados en el pasado procedentes de los registros geológicos.

#### **Nuevos programas**

El sistema CMD ha iniciado un completo programa de rescate de datos, labor difícil porque los conjuntos de datos muy antiguos

\* Véanse también los *Boletines de la OMM* 38 (3) y 39 (2)



pueden estar deteriorados o por cambios de políticas o por cambios en las instituciones que poseen los datos. Se están tomando medidas para, o bien hacerse cargo de estos datos o bien asegurarse de que se trasladen a las instituciones adecuadas. También se comienza a hacer gestiones para conseguir un tipo diferente y vital de rescate de datos, la digitalización de los datos analógicos o tabulares, para que estos datos puedan usarse con más facilidad en análisis con la ayuda de ordenadores. Están iniciándose los programas colaboradores CMD-B, C y D.

Se están comenzando o ampliando programas de visitantes, para que los científicos tengan un contacto más estrecho con los que tienen los datos y con el personal científico de los Centros. Se están reuniendo en bases de datos aquellos conjuntos de datos afines, a menudo en estructuras comunes de datos, para facilitar la investigación multidisciplinaria y el análisis multivariable en los modelos. Se están publicando en CD-ROM extensas bases de datos multivariantes a menudo con un poderoso soporte lógico analítico y presentación.

- Algunos centros están haciendo una gran labor para trabajar con los productores de los datos, a fin de mejorar la documentación, de forma que otros científicos, en el futuro, sean capaces de utilizar los datos.
- El Panel y CMD-A han iniciado un proyecto piloto para trabajar con científicos de China, con el objeto de incorporar datos contemporáneos del inmenso territorio de China a la base de datos del cambio mundial, datos que representan una enorme mejora con respecto a los datos más antiguos que han sido reunidos en conjuntos de datos mundiales. Este proyecto piloto se considera como una forma de iniciar un medio práctico de mejorar significativamente los conjuntos de datos mundiales disponibles, con los países participantes en el IGBP, o con los Centros regionales de investigación del IGBP que se están organizando bajo el programa IGBP START (Sistema de análisis, de investigación y de formación).

Sin embargo aún persisten algunos problemas:

- Las uniones y comités científicos del CIUC no han estado tan activos como

previamente en prestar ayuda al Panel del CMD y a los correspondientes CMD en poner al día las guías. Sin embargo, el Comité Científico del CIUC para el IGBP ha hecho recientemente una petición de colaboración con el sistema CMD, debido a lo cual se han incorporado los tres nuevos centros descritos anteriormente.

- La filosofía del AGI de que no se deberían intercambiar los propios datos espaciales (debido a su gran volumen, así como a consideraciones políticas) necesita revisarse. Sin embargo, debido al ímpetu del IGBP-Cambio Mundial, como hemos mencionado, las agencias espaciales nacionales, la ESA y el EUMETSAT están ahora discutiendo cómo hacer disponibles los datos del medio ambiente obtenidos desde el espacio, de acuerdo con la política del CIUC.
- Muchos científicos no están dispuestos a tomarse su tiempo para comprender la función de los CMD y de qué forma pueden ellos apoyar materialmente a los programas. Además, hay un problema de percepción entre algunos científicos con grandes recursos a su disposición, de que todos los científicos pueden aprovecharse de las nuevas tecnologías de comunicaciones y ordenadores. Estos científicos "que lo tienen todo" deben comprender que es obligación del sistema CMD del CIUC el proporcionar una amplia gama de servicios a *todos* los científicos, algunos de los cuales tienen a su disposición muy poca tecnología moderna, pero que, sin embargo, podrían hacer una buena labor científica si pudieran obtener buenos datos.
- La mayoría de los científicos no están dispuestos a dar prioridad a la financiación de la gestión de datos, especialmente cuando los fondos son escasos o cuando los proyectos para datos compiten con la ciencia "auténtica". Sin embargo, generalmente reaccionan positivamente cuando un centro se ofrece a financiar la documentación de los datos en posesión de los científicos, de forma que las series de datos puedan ponerse a dominio del público para ser utilizados por otros. Varios centros de datos cumplen actualmente esta función para ciertos conjuntos de datos críticos.

- A pesar de que el actual sistema CMD-CND representa, quizás, una contribución anual de unos 150 millones de \$ EE.UU. procedente de sus naciones patrocinadoras, es principalmente un esfuerzo voluntario, con fondos internacionales insuficientes para complementar los CMD para sufragar los programas de visitantes, proyectos especiales, publicaciones, etc., o para que el Panel sea tan efectivo como debiera ser. No existen comités nacionales ni siquiera corresponsales nacionales para los CMD.
- Parece estar declinando el interés científico por parte de los departamentos del CIUC de supervisar la gestión de los datos y su flujo desde las redes que hacen observaciones con un horario regular (por ejemplo, de la ionosfera, del geomagnetismo, de los rayos cósmicos). Sin embargo, las redes meteorológicas (por ejemplo, la VAM y el SMOO<sub>3</sub>) están bien controladas y supervisadas porque proporcionan datos para necesidades operativas a corto plazo.
- El flujo de datos analógicos (por ejemplo, en microfilm, fotocopias) está decreciendo. Esto es debido parcialmente al cierre de algunas estaciones, a decisiones nacionales de enviar solamente parte de sus conjuntos de datos o a la reducción de recursos necesarios para procesar los datos de forma adecuada para el intercambio internacional. El aumento del flujo digital de datos no compensa la disminución total de flujo de datos.

*"(Los científicos)" que lo tienen todo "deben comprender que es obligación del sistema CMD del CIUC el proporcionar una amplia gama de servicios a todos los científicos, algunos de los cuales tienen a su disposición muy poca tecnología moderna, pero que sin embargo podrían hacer una buena labor científica si pudiesen obtener buenos datos."*

- La percepción de que los datos tienen valor monetario está frenando el intercambio sin restricciones de muchos tipos de datos geofísicos. Esta es una tendencia peligrosa, dado que la venta de datos nunca cubrirá más que una pequeña parte del coste de su generación y, sin embargo, puede hacer que no se envíen

datos a aquellos que intentan vender los suyos.

### Algunas preguntas

- ¿Necesita revisión la política del CIUC respecto a los datos? ¿Cómo debería el CIUC fortalecer su política de intercambio de datos abierta y sin restricciones además de por sus discusiones con la CNUMAD? ¿Deberían unirse el CIUC y la OMM para apoyar esta política abierta?
- ¿Están anticuadas las Guías de disciplina del CIUC? Parecen tener, principalmente, el valor de un consenso de la comunidad para la física solar-terrestre y para la oceanografía, aunque incluso así es una lucha el obtener el consenso y la participación de la comunidad. ¿Qué debería reemplazar las directrices maestras describiendo solamente lo que, de hecho, está disponible internacionalmente?
- ¿Deberían los CMD hacerse más activos buscando datos de uso internacional en vez de solamente recibir los datos estipulados por las guías u otros documentos de programas internacionales? En caso afirmativo, ¿qué política general debería desarrollarse y por quién?
- ¿Deberían los CMD dedicar fondos significativos al rescate de datos? ¿Depurando antiguos conjuntos de datos? ¿Digitalizándolos? ¿Documentándolos? ¿Qué datos antiguos deberían microfilmarse (si es económicamente imposible microfilmarnos todos)? ¿Cómo podríamos obtener asesoramiento científico experto de los departamentos de CIUC y NU sobre qué porciones de los datos antiguos se deberían rescatar? ¿Cuáles digitalizar?
- ¿Cómo debemos manejar sensatamente los datos biosféricos y de actividades humanas que son necesarios para los estudios del cambio mundial? (Tenemos poca experiencia en aquellas áreas necesarias para estudios del cambio mundial).
- ¿Cómo podemos sacar provecho de la experiencia de otros para evaluar importantes temas técnicos como: el tiempo de vida y el envejecimiento de los datos almacenados y la determinación del incremento de error de CD-ROM, las cintas digitales y de pista oblicua, etc.?



- ¿Cómo podemos sacar el mayor provecho posible de las nuevas tecnologías en áreas tales como la conversión de los datos analógicos o tabulares a digitales, las tecnologías de exploración (incluyendo el moderno microfilmado para preservar los registros originales, las tecnologías de reconocimiento óptico de caracteres, la determinación de errores, etc.)?
- ¿Podemos esperar metodologías normalizadas de digitalización de datos de mapas y su texto anexo, así como datos o información discontinuos, es decir, clasificados por categorías (tipos de suelos, tipos de vegetación, uso del terreno, etc.)?
- ¿Qué papel deberían desempeñar los centros de datos (CIUC, COI y OMM) en la gestión de la enorme corriente de datos procedentes de los satélites de nueva generación que se espera estén operativos antes de finalizar esta década? ¿Qué papel podrían jugar los centros en el procesamiento de los datos geofísicos, calibrados y con referencias terrestres obtenidos de los organismos que utilizan satélites, para transformarlos en productos de datos condensados?
- ¿Qué papeles pueden jugar los centros para fusionar los datos procedentes de satélites y los que no provienen de ellos del nuevo Sistema Mundial de Observación del Océano (SMOO)? (La reciente fusión de los sistemas de datos de la COI y del CIUC proporciona un foro útil en el que discutir este asunto.)
- ¿Qué papel podrían jugar los centros en determinar y satisfacer las necesidades, tanto de investigación como de operación de los datos procedentes de satélites y de los que no provienen de ellos, del nuevo Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC)? ¿Podría ser útil, como un primer paso, la fusión de los sistemas de datos de la OMM y del CIUC?

## LA ENSEÑANZA ASISTIDA POR ORDENADOR EN METEOROLOGIA: ESTADO ACTUAL

Por Charles DUNCAN<sup>1</sup>

### Introducción

Los meteorólogos han venido utilizando las tecnologías basada en los ordenadores durante decenios: de hecho, en la mayoría de los países el servicio de predicción del tiempo es la organización que dispone del ordenador más rápido. Sin embargo, hasta hace poco se había hecho poco uso de los ordenadores para ayudar en la formación de los meteorólogos.

Actualmente, en el decenio de los 90, la situación ha comenzado a cambiar por diferentes razones, incluida la presión económica en los centros de formación y la aparición de las nuevas soluciones tecnológicas, que hacen que la enseñanza

asistida por ordenador (EAO) sea más atractiva y factible.

A continuación se da un resumen de las actividades de la EAO en meteorología en relación con la formación profesional de los meteorólogos y la educación a nivel universitario en todo el mundo. Aunque no se considera específicamente la educación de los menores de 18 años, algunos de los puntos señalados, en particular los relativos a la tecnología disponible, se aplican no obstante a este grupo de edades.

La expresión *enseñanza asistida por ordenador* se utiliza aquí en un sentido amplio para abarcar cualquier medio de formación en el que se utilice un equipo electrónico

<sup>1</sup> Departamento de Meteorología, Universidad de Edimburgo, Kings Buildings, Edimburgo EH10 5QU, Reino Unido