

Índices de cambio climático



Thomas C. Peterson, del Centro Nacional de Datos Climáticos de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera, Asheville, Carolina del Norte, EE.UU., y Presidente del Grupo Abierto de Área de Programa sobre Vigilancia y Análisis de la Variabilidad y el Cambio del Clima, de la Comisión de Climatología de la OMM

Introducción

Durante décadas, la mayor parte de los análisis del cambio climático mundial a largo plazo que utilizan datos de observaciones se han centrado en los cambios de los valores medios. Algunos conjuntos de datos muy respetados de temperatura y precipitación mensuales en estaciones ofrecen una cobertura bastante buena de todo el mundo. Sin embargo, el análisis de los cambios en los extremos (p. ej., el número de días que superan el percentil 90 de las observaciones

de la temperatura mínima) requiere datos diarios digitales a largo plazo. Desgraciadamente, en muchas regiones del mundo no se puede disponer fácilmente de dichos datos. En el análisis "mundial" de 2002 de Frich y otros (2002), no era casi posible analizar extremos de la mayor parte de América Central y Meridional, de África y del sur de Asia. Sin embargo, se está realizando un conjunto organizado de esfuerzos para remediar esa situación.

El papel de un equipo de expertos (EE) internacionales

El Equipo de Expertos en Detección, Vigilancia e Índices de Cambio Climático (ETCCDMI) del proyecto mixto de Variabilidad y Predictibilidad del Clima (CLIVAR) de la Comisión de Climatología (CCI) y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (PMIC) de la OMM está coordinando dos esfuerzos complementarios para permitir el análisis mundial de extremos. En <http://www.clivar.org/organization/etccd> se puede encontrar información detallada sobre el EE. Los Miembros del Equipo de Expertos proceden de todos los continentes y abarcan una amplia gama de conocimientos técnicos en el campo del cambio climático. El autor no es miembro del EE pero trabaja en estrecha colaboración con él como presidente del Grupo Abierto de Área de Programa (GAAP) sobre Vigilancia y Análisis de la Variabilidad y el Cambio del Clima de la CCI, al que pertenece el EE. Como todos los miembros del EE son voluntarios con trabajos a tiempo completo, el interés de su cometido debe centrarse en lo que pueden coordinar, recomendar o inspirar, más que en hacer ellos mismos.

Una de las actividades del EE es la coordinación internacional de un conjunto de índices de cambio climático obtenidos a partir de datos diarios que se centra sobre todo en los

extremos. El desarrollo de los índices implica no sólo a los miembros del EE sino también a otros numerosos científicos que trabajan con datos climatológicos diarios. Estableciendo una fórmula exacta para cada índice, los análisis efectuados en distintos países o en diferentes regiones pueden corresponderse perfectamente.

Se están estudiando un total de 27 índices para ser índices centrales. Se basan en valores de temperatura diaria o en la cantidad diaria de precipitación. Algunos se basan en umbrales fijos que son de importancia para aplicaciones particulares. En estos casos, los umbrales son los mismos para todas las estaciones.

Otros índices se basan en umbrales que varían de un lugar a otro. En estos casos, los umbrales se suelen definir como un percentil de la serie de datos relacionada. Las definiciones de los 27 índices y las fórmulas para calcularlos están disponibles en <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI>. Este sitio Web también ofrece el código FORTRAN para calcular los índices a partir de diarios datos y un paquete de software fácil de utilizar para calcular los índices. Este paquete de software, llamado RCLimDex, utiliza el software gratuito R (para más información, véase <http://www.r-project.org>) que es un lenguaje y un entorno para cálculo y gráficos estadísticos.

Sin embargo, el software de análisis no funciona sin datos. En muchas partes del mundo se han digitalizado bastantes datos diarios para contribuir a un análisis, pero las instituciones son reticentes a compartirlos. Esto constituye un problema difícil de abordar. La solución propuesta por el predecesor del ETCCDMI fue la de celebrar seminarios de cambio climático regionales inspirados en los seminarios de la Red Asia-Pacífico (Manton y otros, 2000; Peterson y otros, 2001). En 2001 se celebraron dos

y, en vistas de la experiencia adquirida, el ETCCDMI decidió celebrar otra serie de dichos seminarios para abarcar todas las zonas del mundo.

El concepto de seminario regional

Los seminarios reúnen a participantes del mayor número posible de países de un área en una combinación de seminarios y de análisis prácticos de los datos diarios que traen consigo. A través de este proceso, se ha creado un "prototipo" de seminario. Los seminarios comienzan con unas conferencias de visión de conjunto, que describen las razones para celebrar los seminarios y cómo se prevé que cambie el clima de la región. Los participantes describen después el clima de sus países y los datos de las estaciones que traen consigo.

El análisis práctico empieza con el control de calidad (CC). RClimDex tiene varias verificaciones de CC. Algunas identifican datos específicos como datos atípicos. En estas pruebas se examinan todos los datos que constituyen un problema potencial. Basándose en los datos anteriores y posteriores, así como en el cono-

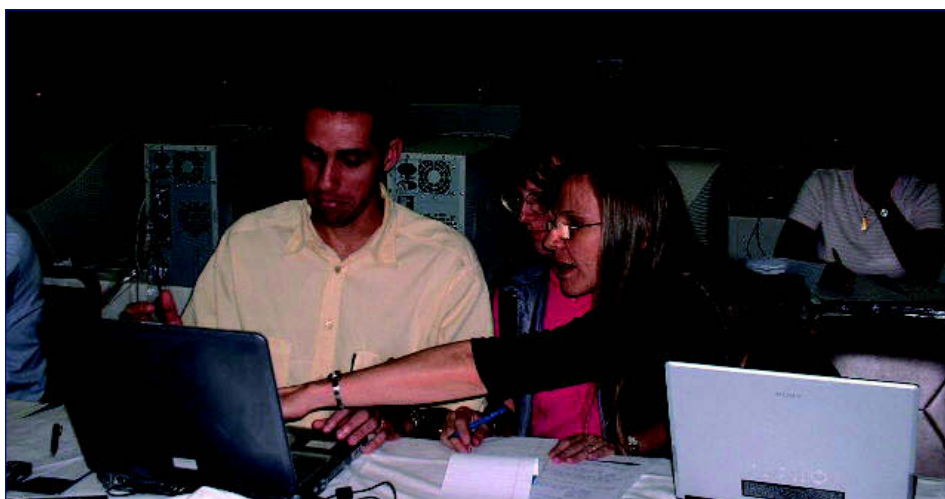
El trabajo descrito en este artículo es resultado del esfuerzo de colaboración de muchas personas que han tenido el apoyo en esta empresa de sus instituciones de origen. Por desgracia, son demasiado numerosas como para nombrarlas aquí. La OMM, a través de sus EE, ofrece la estructura y la coordinación para que estos voluntarios puedan realizar estos logros.

cimiento del clima de la región, se corrigen los datos si el problema es obvio (p. ej., 182° se cambia a 18,2°); se deja como un hueco si resulta evidente que se trata de un problema sin solución conocida; o se mantiene si se considera que es probablemente válido. Con cada cambio o aceptación

de un dato atípico se crea un registro de la decisión y de las razones que la han motivado en el fichero de logaritmos de CC. El segundo paso del CC implica la evaluación de numerosos gráficos detallados de datos diarios para detectar evidencias de posibles problemas de calidad con los datos. Un ejemplo de esto sería un período imposiblemente largo de tiempo con precipitación cero. Este problema puede surgir porque muchos países no registran la precipitación cero, así que se debe presumir inicialmente que los huecos son ceros.

El siguiente paso del análisis es realizar evaluaciones de homogeneidad. Es complicado y difícil realizar bien los ajustes de homogeneidad de los datos diarios (Aguilar, 2003). Por lo tanto, el centro de interés de la homogeneidad se encuentra en identificar los problemas importantes. Cuando el software de prueba de homogeneidad identifica un posible problema, el participante consulta—si se puede—los metadatos históricos de la estación para comprender el porqué. En algunas estaciones que no se utilizan en los análisis de índices o que se utilizan sólo para el período después de la discontinuidad, se han registrado saltos no climáticos en las series temporales.

Una vez que se ha realizado la verificación de CC y el test de homogeneidad, el cálculo de los índices es bastante sencillo. Uno de los beneficios de hacer esto en un seminario regional es la sinergia de poder ver inmediatamente como los resultados se pueden comparar a través de las fronteras. Los participantes crean una pequeña presentación de lo que indica el análisis sobre los cambios en los extremos de cada país. Los resultados similares a través de las fronteras nacionales verifican la robustez del análisis. Los participantes piensan que este producto del seminario es bastante útil cuando vuelven a casa.



Seminario Regional sobre Cambio Climático en Brasil, en agosto de 2004

La última parte del seminario mira hacia el futuro. Incluye información y consejos de los usuarios para los organizadores de futuros seminarios. También es importante hablar sobre cómo mejorar los datos disponibles de la Red de Estaciones de Observación en Superficie (ROSS) del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), ahora que los participantes comprenden el valor de poder comparar análisis transfronterizos. Por último, los participantes intercambian impresiones sobre cómo hacer que los resultados del análisis que se inició en el seminario resulten útiles para las evaluaciones de cambio climático. Aquí se incluye la adopción de decisiones relativas acerca de quién dirigirá la redacción de artículos de varios autores revisados paritariamente, la puesta a disposición de otros investigadores de las series temporales de los índices y de los propios datos (la lista de autores incluye a todos los participantes que aportan datos para contribuir al análisis).

Hasta ahora, ninguno de estos seminarios ha podido publicar series temporales de datos diarios. Sin embargo, han tenido mucho éxito en lograr acuerdos para publicar los índices y algo de éxito para animar a que se pasen los datos de las estaciones de la ROSS al Centro de Archivos de la ROSS. Para cada serie de seminarios, hay artículos en preparación sobre cambios en los extremos de las regiones revisados paritariamente o ya presentados, y con los índices preparados para contribuir al artículo de índices mundiales.

Los seminarios

La anterior encarnación del ETCCDMI, un Grupo de Trabajo del CLIVAR de la CCI, también se ocupó de los índices y del cambio climático regional y celebró dos seminarios en 2001. El primero tuvo lugar en el Caribe, donde participaron 18 de los 21 Servicios Meteorológicos

Los seminarios regionales sobre índices de cambio climático constituyen “un inicio muy bueno para la cooperación regional”.

Nacionales. Este seminario produjo la publicación de datos diarios, índices, un informe de la reunión, y un artículo de 17 autores revisado paritariamente acerca de cómo está cambiando el clima de la región (Peterson y otros, 2002). El segundo seminario se celebró para varios países africanos en Casablanca, en Marruecos (Easterling, 2003).

Los seminarios

África del Sur

Ciudad del Cabo, Sudáfrica, del 31 de mayo al 4 de junio de 2004

América del Sur Meridional

Maceio, Brasil, del 9 al 14 de agosto de 2004

Oriente Medio

Alanya, Turquía, del 4 al 9 de octubre de 2004

América Central y América del Sur Septentrional

Ciudad de Guatemala, Guatemala, del 8 al 12 de noviembre de 2004

Asia Meridional y Central

Pune, India, del 14 al 19 de febrero de 2005

El ETCCDMI trataba de mejorar y ampliar estos seminarios para abarcar más partes del mundo. El apoyo financiero suponía un factor limitador pero se ha dispuesto de recursos adecuados para celebrar cinco seminarios.

Resumen

Esta serie de seminarios regionales sobre cambio climático está logrando varios objetivos importantes. En regiones en las que no se podía acceder con facilidad a los datos, se ha realizado y puesto a disposición del público un conjunto de índices de cambio climático que se centran sobre todo en los extremos. Los análisis ganarán mayor credibilidad si se pueden reproducir con la publicación de los datos. Sin embargo, la gran atención prestada al control de calidad y a las pruebas de homogeneidad (cuyos resultados se han publicado) hace posible evaluar los análisis de manera independiente, incluso sin los datos digitales.

Puede que el objetivo principal no haya sido formar científicos en estos países, pero los seminarios han tenido, definitivamente, un importante aspecto de creación de capacidades, ya que expertos exteriores trabajaron estrechamente con los participantes regionales en los análisis de datos, les suministraron software fácil de utilizar y les introdujeron en un paquete estadístico gratuito. A su vez, la creación de capacidades ha ayudado a fomentar una mayor concienciación sobre la importancia de los datos in situ a largo plazo, y esto ha dado como resultado nuevos esfuerzos en la digitalización de registros históricos, y también en la consecución de los objetivos de intercambio de datos de la ROSS.

Estos seminarios están contribuyendo de manera evidente a nuestro conocimiento sobre cómo están

cambiando los extremos climáticos en todo el mundo. Además de los artículos detallados revisados paritariamente, los índices analizados en cada seminario están contribuyendo a dos artículos sobre extremos mundiales. Gracias en gran medida a estos seminarios, estos artículos serán, verdaderamente, mundiales. En su conjunto, significarán una importante contribución al inminente Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Por último, como escribió un participante después del seminario de Oriente Medio, constituyen “un inicio muy bueno para la cooperación regional”.

Agradecimientos

Estos seminarios fueron posibles por el generoso apoyo financiero del Departamento de Estado de los EE.UU., el SysTem de Análisis, Investigación y Formación Profesional, el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (copatrocinado por la OMM, el Consejo Internacional de Ciencia y la Comisión Oceanográfica Interguberna-



Seminario Regional sobre Cambio Climático en Turquía, en octubre de 2004



Seminario Regional sobre Cambio Climático en Guatemala, en noviembre de 2004

mental de la UNESCO) y el Instituto Interamericano de Investigación del Cambio Mundial.

También hay que dar las gracias a las instituciones que han acogido los seminarios: la Universidad de Ciudad del Cabo, en Sudáfrica; la Universidad Federal de Alagoa, en Brasil; el Servicio Meteorológico Nacional de Turquía; el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala y el Comité Regional de Recursos Hídricos del Istmo de América Central (en Costa Rica); y el Instituto de Meteorología Tropical de la India (en Pune).

Referencias

AGUILAR, E., I. AUER, M. BRUNET, T. C. PETERSON & J. WIERINGA, 2003: Guidelines on Climate Metadata and Homogenization, WCDMP-No. 53, WMO-TD No. 1186. OMM, Ginebra, 55 pp.

EASTERLING, D. R., L. V. ALEXANDER, A. MOKSIT, V. DETEMMERMAN, 2003: CCI/CLIVAR Workshop to Develop Priority Climate Indices. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 84, 1403-1407.

FRICH, P., L. V. ALEXANDER, P. DELLA-MARTA, B. GLEASON, M. HAYLOCK, A. M. G. KLEIN-TANK & T. PETERSON, 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the 2nd half of the 20th century, *Climate Res.*, 19, 193-212.

MANTON, M. J., *et al.*, 2000: Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *Int. J. Climatol.*, 21, 269-284.

PETERSON, T. C., C. FOLLAND, G. GRUZA, W. HOGG, A. MOKSIT & N. PLUMMER, 2001: Report of the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs, WMO/TD No. 1071, OMM, Ginebra, 146 pp.

PETERSON, T. C., M. A. TAYLOR, R. DEMERITTE, D. L. DUNCOMBE, S. BURTON, F. THOMPSON, A. PORTER, M. MERCEDES, E. VILLEGAS, R. S. FILS, A. KLEIN-TANK, A. MARTIS, R. WARNER, A. JOYETTE, W. MILLS, L. ALEXANDER & B. GLEASON, 2002: Recent Changes in Climate Extremes in the Caribbean Region, *J. Geophys. Res.*, 107 (D21), 4601, doi: 10.1029/2002JD002251 (16 de noviembre de 2002).