

La adaptación imperativa: ¿está preparada la ciencia climática?

por Xuebin Zhang¹, Francis W. Zwiers² y Thomas C. Peterson³

Mejora en la comprensión del cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), ganador del Premio Nobel de la Paz, informa de que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco”, y de que “es muy probable que la mayor parte del incremento registrado en la temperatura media global desde mediados del siglo XX sea consecuencia” de la acción del hombre (IPCC, 2007(a)). Esta evaluación es el resultado de muchas décadas de trabajo por parte de la comunidad científica mundial. El IPCC publicó su *Primer Informe de Evaluación* en 1990, concluyendo que:

- Las actividades humanas habían elevado notablemente la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero.
- El índice de calentamiento global se ajustaba en gran medida a las predicciones de los modelos climáticos, aunque también era de la misma magnitud que la variabilidad natural del clima.

- Era poco probable que se consiguiera detectar de forma inequívoca el aumento del efecto invernadero durante alrededor de una década.

El Segundo Informe de Evaluación (IPCC, 1996) concluyó que el balance de pruebas apuntaba hacia una influencia perceptible del ser humano sobre el clima mundial; además, también se esperaba que el clima continuara cambiando en el futuro, aunque seguían existiendo muchas incertidumbres.

Este informe fue el predecesor del *Tercer Informe de Evaluación* del IPCC publicado en 2001, que establecía que existían pruebas nuevas y más concluyentes de que era muy probable que la mayor parte del calentamiento registrado durante la segunda mitad del siglo XX se debiera a las actividades del ser humano.

Diecisiete años después de la publicación del *Primer Informe de Evaluación*, el IPCC, en su *Cuarto Informe de Evaluación* valoró con claridad el papel desempeñado por los gases antropogénicos de efecto invernadero en el calentamiento

del sistema climático, tanto a nivel mundial como continental.

En la actualidad, el calentamiento global es algo evidente, no solo en los registros del incremento medio mundial de las temperaturas del aire y del océano, sino también en la fusión generalizada de la nieve y del hielo, que provoca la subida del nivel medio del mar en todo el mundo, y en el aumento de los extremos de temperatura. Además, la influencia del ser humano sobre la temperatura se detecta a escalas continentales, subcontinentales e incluso regionales. Los cambios detectables asociados con el calentamiento también se registran en otros componentes del sistema climático, como la circulación atmosférica mundial (Gillett y otros, 2003), la distribución global de la precipitación en las zonas continentales (Zhang y otros, 2007), la humedad (Willett y otros, 2007; Santer y otros, 2007) y el ciclo hidrológico regional (Barnett y otros, 2008). Las pruebas también apuntan a que los cambios generalizados en la temperatura y en otros aspectos del sistema climático están afectando en la actualidad a muchos sistemas físicos y biológicos en todos los continentes (IPCC, 2007(b)).

A pesar de los importantísimos avances que se han conseguido, aún queda mucho trabajo por hacer. Sigue siendo necesario cuantificar el papel de la influencia del hombre sobre el sistema climático a escalas más pequeñas y en relación con aspectos del sistema climático no vinculados directamente con el calentamiento.

1 Científico investigador, División de investigación del clima, Environment Canada, Toronto, Ontario (Canadá), Xuebin.Zhang@ec.gc.ca, miembro del Equipo mixto de expertos sobre detección e índices del cambio climático de CCI/CLIVAR/CMOMM

2 Director, División de investigación del clima, Environment Canada, Toronto, Ontario (Canadá), Francis.Zwiers@ec.gc.ca, copresidente del Equipo mixto de expertos sobre detección e índices del cambio climático de CCI/CLIVAR/CMOMM

3 Meteorólogo investigador, Centro nacional de datos climáticos de la NOAA, Asheville, Carolina del Norte (Estados Unidos), Thomas.C.Peterson@noaa.gov, presidente del Grupo abierto de área de programa de la CCI sobre Vigilancia y análisis de la variabilidad del clima y el cambio climático

Además, el hecho de disponer de mejor información sobre el clima del pasado, del presente y del futuro se torna cada vez más importante para la comunidad mundial, de cara a lograr una adaptación adecuada frente a un clima cambiante.

Mitigación y adaptación

Cada vez se hace más evidente la necesidad de iniciar acciones para limitar el grado y los impactos del cambio climático inducido por el hombre. La mitigación, es decir, la reducción del forzamiento antropogénico sobre el clima a través de la disminución de emisiones de gases con efecto invernadero a la atmósfera y otros medios, se antoja fundamental para reducir, demorar o evitar los impactos en próximas décadas. Sin embargo, el efecto de la mitigación no es inmediato, puesto que los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera en el pasado permanecerán en ella durante mucho tiempo, provocando un calentamiento inevitable durante los próximos 30-40 años y siguientes (IPCC, 2007(a)). Por este motivo, independientemente de qué tipo de mitigación se lleve a cabo, será necesaria una adaptación ante el cambio climático, algo inevitable, y que ha recibido el nombre de "la adaptación imperativa".

La adaptación no alterará el curso del cambio climático, pero es necesaria para minimizar sus impactos negativos. Por ejemplo, las vías del ferrocarril podrían deformarse si se dieran unas condiciones meteorológicas extremadamente calurosas. Sin embargo, se pueden tomar medidas a la hora de colocar las vías del ferrocarril que permitan elevar la temperatura límite a partir de la cual se deformarían (Peterson y otros, 2008). En el caso de que se adoptaran estas medidas, serían un ejemplo de adaptación al cambio climático anticipado. Actualmente están teniendo lugar algunas adaptaciones ante el cambio climático, planificadas sobre una base limitada. Por ejemplo, el diseño del Puente de la Confederación, de 13 km de longitud, que fue abierto en 1997 y que se encarga de conectar la isla del Príncipe Eduardo con la masa principal de Canadá, tiene en cuenta la posibilidad

de un aumento del nivel del mar de 1 m como consecuencia del cambio climático. Sin embargo, se necesita un grado de adaptación mucho mayor que el actual para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático (IPCC, 2007(b)).

Una pregunta fundamental que los encargados de la toma de decisiones se hacen antes de ejecutar una medida de adaptación es: ¿a qué clima deberían adaptarse? Lamentablemente, no existe una respuesta sencilla a esta pregunta, puesto que siguen existiendo incertidumbres y muchos aspectos desconocidos en relación con los cambios en el clima y con los extremos climáticos que son altamente importantes para estimar los impactos del cambio climático y, por tanto, la adaptación. Entre ellos se incluyen limitaciones fundamentales en nuestra capacidad para vigilar el cambio climático a nivel mundial y regional, es decir, en la observación del clima y en la documentación de los cambios que ya se han producido y que se estén produciendo actualmente.

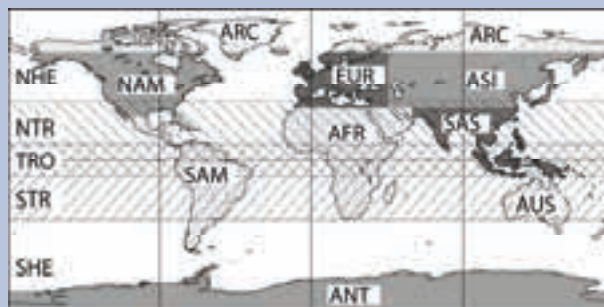
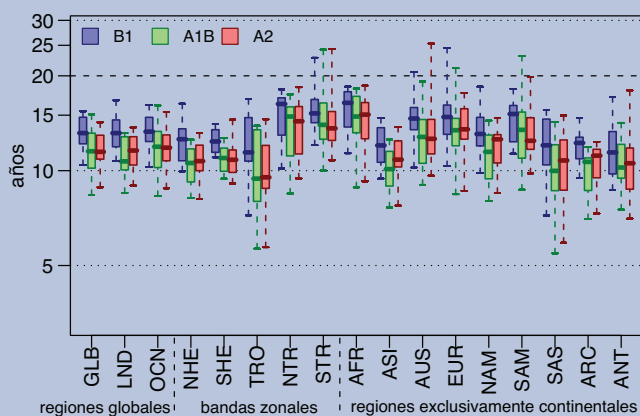
Los impactos derivados del cambio climático suelen tener lugar a escala regional o local, y a menudo son consecuencia de condiciones meteorológicas y climáticas extremas. Por ejemplo, la sequía que se produjo en China en 2006 fue la peor en 50 años, y afectó a decenas de millones de personas. La ola de calor mortal que sacudió el continente europeo en 2003 dejó tras de sí muchas muertes como consecuencia del calor y de la contaminación atmosférica, incluidos más de 14 800 muertos solo en Francia (Pirard y otros, 2005). Por otra parte, el verano de 2007 fue el más húmedo jamás registrado en el Reino Unido, con inundaciones que ocasionaron daños generalizados. Con una temperatura mundial en aumento, los cambios en los extremos meteorológicos y climáticos regionales y locales que provocan impactos negativos se darán con una mayor frecuencia. La adaptación eficaz al cambio climático y a los extremos no solo requiere más y mejor información acerca de los futuros cambios climáticos a partir de unos modelos climáticos mejorados, sino también una mejor observación del clima actual y más información acerca del cambio climático experimentado en el pasado.

El proceso de adaptación necesita contar con información fiable sobre el cambio climático

Por desgracia, la ciencia climática aún no puede suministrar toda la información necesaria para la adaptación. Nuestra comprensión del cambio climático en las escalas en las que podemos llevar a cabo tareas de adaptación no es mucho mejor que nuestra comprensión sobre el cambio climático global en el momento de la publicación del Primer Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 1990). Lo que sí parece cierto es que las actividades humanas han cambiado el clima global, que el cambio climático continuará y que los correspondientes cambios regionales y locales causarán impactos negativos. Las condiciones extremas pueden tener efectos positivos o negativos. Sin embargo, en el balance, y debido a que los sistemas se han adaptado a sus rangos históricos de extremos, cabe esperar que la mayoría de los impactos derivados de fenómenos que se encuentren fuera de estos rangos sean negativos.

Son varios los factores que han contribuido a las grandes incertidumbres relacionadas con nuestra comprensión de los cambios pasados y presentes en el clima, tanto a nivel regional como local. Considerando el Cuarto Informe de Evaluación (IPCC, 2007(a)), es indispensable mejorar los modelos climáticos, sobre todo a escala regional y local. Sin embargo, también se requiere una gran dosis de trabajo básico, encaminado a aumentar nuestra capacidad de documentar y observar el cambio climático actual y pasado con el fin de reducir la brecha existente entre la información necesaria para llevar a cabo un proceso de adaptación eficaz y el conocimiento científico disponible. Por ejemplo, una proyección de un incremento futuro en el riesgo de aparición de un determinado tipo de fenómeno extremo, como la precipitación máxima en 24 horas para un período de 20 años (Kharin y otros, 2007; véase el cuadro de la página 105) se vuelve más útil a la hora de diseñar nuevas infraestructuras si también somos capaces de calcular de

Creación de conocimiento climático del pasado



Tiempos de espera previstos (izquierda) para los valores de retorno correspondientes a 20 años de finales del siglo XX relativos a intensidades anuales máximas de precipitación en 24 horas a mediados del siglo XXI, a partir de 14 modelos climáticos globales que sirvieron como elementos de aportación para el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, con arreglo a diferentes regiones (derecha) en función de los términos definidos con respecto a diferentes escenarios de emisión (adaptado de Kharin y otros, 2007). También se consideran tres dominios mundiales (GLB: la totalidad del planeta; LND: zonas de tierra del mundo; y OCN: zonas oceánicas del mundo).

Los cambios proyectados en el tiempo de espera se resumen en una presentación de datos del tipo “caja y bigotes” para todas las regiones. Cada una de las representaciones de datos consta de una “caja” coloreada, con líneas que se extienden por encima y por debajo de la misma (“bigotes”). El extremo vertical de los “bigotes” en ambas direcciones describe el rango de los cambios previstos por la totalidad de los 14 modelos climáticos empleados en el estudio. Las “cajas” indican el 50 por ciento central de los cambios previstos por los modelos, mientras que la barra horizontal situada en la mitad de la “caja” señala la predicción mediana de los 14 modelos (siete modelos predicen tiempos de espera superiores a la mediana y otros siete modelos hacen lo propio, pero por debajo de la mediana). Aunque el intervalo de incertidumbre del cambio previsto en los fenómenos de precipitación extrema es elevado, casi todos los modelos apuntan a que el tiempo de espera para un fenómeno de precipitaciones extremas durante 24 horas cada 20 años a finales del siglo XX se reducirá a un valor bastante inferior a estos 20 años a mediados del siglo XXI, lo que pone de manifiesto un aumento de la precipitación extrema a escalas continentales y subcontinentales en la totalidad de los tres escenarios de influencia.

Teniendo en su poder esta información, los ingenieros encargados del diseño de proyectos destinados a construir sistemas de tratamiento de agua de lluvia y otros tipos de infraestructuras hidrológicas podrían contar con la capacidad de incluir la adaptación en sus recomendaciones del proyecto. Es de suponer que estas recomendaciones conseguirían establecer un equilibrio entre posibles incrementos en los riesgos de los fenómenos extremos más frecuentes y los costes adicionales asociados con las estructuras de construcciones capaces de hacer frente a cantidades de agua mayores que las apuntadas por los análisis de valores extremos basados únicamente en los datos climáticos e hidrológicos disponibles en la actualidad. El riesgo general que implica esta adaptación es relativamente bajo, especialmente en el caso de que el coste gradual de establecimiento de los riesgos crecientes derivados del cambio climático previsto sea pequeño: en el caso de que el riesgo de fenómenos extremos no se incremente (lo que parece poco probable, debido a las proyecciones actuales (IPCC, 2007)), la infraestructura se limitará a ofrecer más protección frente a los fenómenos climáticos extremos actuales, y será más duradera de lo previsto en un principio, puesto que tendrá que hacer frente a fenómenos extremos que superen su capacidad de diseño con menor frecuencia de la prevista.

forma segura la dimensión del mencionado fenómeno en el clima actual.

La investigación científica y la vigilancia del clima continuas resultan críticas para comprender mejor las causas del actual cambio climático y de sus impactos, así como para ofrecer la información necesaria que sirva de base a las decisiones en materia de adaptación. Tal y como se deduce de la capacidad del IPCC de evaluar el cambio climático y sus impactos en diferentes partes del mundo (véase, por ejemplo, Christensen y otros, 2007), la ciencia avanza de una forma mucho más eficaz en beneficio de todos los usuarios cuando el conocimiento y la información se intercambian a nivel internacional y de forma abierta. Este proceso requiere una mejor vigilancia climática, una determinación renovada para intercambiar internacionalmente datos actuales e históricos de carácter meteorológico y sobre composición atmosférica bajo los auspicios de la Resolución 40 de la OMM, y también la formación de una nueva generación de científicos climáticos a lo largo y ancho de todo el mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo y en los países menos desarrollados. La intensificación de los procesos de vigilancia e investigación traerá consigo una mayor comprensión del cambio climático pasado y actual y de sus causas, unas mejores predicciones climáticas y la reducción de incertidumbres con respecto al cambio climático previsto.

El acopio continuado de datos climáticos básicos es fundamental para comprender el cambio climático del pasado y del presente, así como para mejorar las predicciones influidas por los cambios observados en el pasado y para desarrollar estrategias de adaptación que, ante todo, garanticen que las nuevas infraestructuras y sistemas cuenten con un buen nivel de adaptación frente al cambio climático actual. Por este motivo, la vigilancia del clima, tal y como se describe en el segundo Informe sobre la adecuación de los sistemas mundiales de observación del clima en apoyo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (OMM/TD No. 1143) del Sistema Mundial de Observación del Clima, resulta completamente necesaria,

Cursillos sobre detección e índices del cambio climático

La celebración de un cursillo del Equipo de expertos sobre detección e índices del cambio climático (ETCCDI) implica la participación de países vecinos y de muchos expertos bien cualificados procedentes de todo el mundo, con la tarea de ofrecer asesoramiento sobre el análisis de datos climáticos. El ETCCDI proporciona el software para el análisis de datos. En algunos de los cursillos, los ordenadores de los participantes también fueron suministrados por entidades patrocinadoras. Cada uno de estos cursillos suele empezar con la presentación por parte de cada participante de información relativa al clima de su país, así como de datos relacionados con la precipitación y temperatura diarias. A continuación, los participantes aprenden los procedimientos de control de calidad de los datos y de homogeneización de los mismos, y llevan a cabo el cálculo y el análisis de los índices climáticos. Al final, los participantes realizan una breve presentación de sus resultados a nivel nacional, y un experto se encarga de recopilarlos y de ofrecer una visión general de las tendencias y de la variabilidad en los extremos a través del conjunto de la región. Los beneficios de trabajar más allá de las fronteras nacionales se hacen patentes cuando otros resultados similares procedentes de países vecinos verifican los análisis. Los cursillos están mejorando la capacidad de los países para extraer importante información sobre el cambio climático a partir de sus series de larga duración de datos diarios; asimismo, también están fomentando la colaboración regional en el análisis del clima.



Participantes mejorando su capacidad de procesar datos sobre el cambio climático y de interpretar los resultados en el cursillo del Equipo de expertos sobre detección e índices del cambio climático para África Central (23-27 de abril de 2007, Brazzaville, República del Congo)

puesto que aporta información importante mientras vagamos por el mundo cada vez más incierto del cambio climático en tiempo casi real y tratamos de adaptarnos a esos cambios de forma eficaz y de la manera más rentable.

Sin embargo, en muchos lugares del mundo, las redes actuales de vigilancia

del clima no son adecuadas para documentar el cambio climático a nivel regional y local. Más aún, las redes de vigilancia en muchas partes del mundo han venido deteriorándose desde la década de 1990. Debido a la inminente adaptación imperativa, es urgente que este deterioro se frene. Además, en algunos países, los archivos climáticos básicos relativos a

variables importantes, como la precipitación y temperatura diarias, son altamente vulnerables a la pérdida o al daño permanente, puesto que siguen reflejados en soporte de papel. Aparte de esto, hay que añadir que, incluso cuando los archivos se han digitalizado, su calidad no siempre se ha controlado y organizado debidamente. Estos problemas fundamentales, junto con el acceso limitado, han impedido que los datos se hayan podido utilizar en el análisis climático en beneficio de todos. La experiencia pone de relieve que las inversiones en digitalización, control de calidad y difusión abierta de los datos aumentan de forma irreversible el valor y la utilidad de los datos climáticos. Por otra parte, desarrollar una estrategia de adaptación eficaz constituye una tarea casi imposible si no se conocen suficientemente bien los aspectos relacionados con el clima del pasado, puesto que el pasado sirve como referencia para comparar los cambios climáticos previstos.

La adaptación requiere experiencia a nivel local, información climática regional y un intercambio abierto de conocimiento y de datos

El proceso de adaptación se lleva a cabo, tanto a nivel regional como local, por determinadas partes interesadas que, habitualmente, no cuentan con formación alguna en la ciencia climática. El clima, el cambio climático y la vulnerabilidad ante el mismo difieren de una región a otra, motivo por el que resulta evidente la necesidad de una información concreta sobre el cambio climático a nivel regional y local de cara al proceso de adaptación. Este proceso también es lento, e implica una gran difusión y una amplia formación con el fin de garantizar que la información sobre el clima y el cambio climático se incluyan en los procesos de toma de decisiones relativas a la adaptación. Con el avance de la ciencia climática y la creciente influencia del hombre sobre el clima, las evaluaciones regulares del cambio climático a nivel regional y local deberían ofrecer una mejor perspectiva del clima regional y, en conse-

cuencia, una menor incertidumbre de cara a las futuras proyecciones, consiguiendo así que las medidas de adaptación sean más eficaces. Por tanto, los SMHN deberían ser parte integrante del proceso de toma de decisiones basadas en la información para sus respectivos países, puesto que gozan de una posición privilegiada para ofrecer conocimiento acerca de la variabilidad y el cambio climático, referente tanto al pasado como al momento actual, en sus respectivas regiones. La experiencia a nivel mundial muestra que los SMHN logran un gran beneficio en esta tarea cuando los datos, la información y la experiencia se intercambian de forma abierta.

La adaptación al cambio climático es fundamental en todo el mundo, aunque especialmente en los países en vías de desarrollo y en los menos desarrollados, que con frecuencia suelen adolecer de falta de capacidad a la hora de tratar el proceso de adaptación junto con otros muchos procesos afines. Esto se debe, en parte, a que no cuentan con la capacidad adecuada de vigilancia e investigación del clima. Por este motivo, la creación de capacidad científica en los países en vías de desarrollo es clave para garantizar un proceso satisfactorio de adaptación ante el cambio climático. Necesariamente, esta creación de capacidad debería incluir la formación de expertos locales, así como el intercambio de ciencia y tecnología, como el suministro de las herramientas de investigación necesarias. Los Centros Regionales sobre el Clima de la OMM pueden desempeñar un papel importante a la hora de intercambiar ciencia y tecnología, de tal forma que pueda aportarse la experiencia necesaria a nivel local.

La OMM y sus Miembros han desempeñado un papel fundamental en el avance del conocimiento del cambio climático y de la adaptación, a través de varios programas coordinados internacionalmente que se han encargado de unir la investigación, la vigilancia, la predicción, las aplicaciones y la creación de capacidad con las necesidades del usuario. El Programa Mundial de Investigaciones Climáticas patrocinado por la OMM/CIUC/COI, el Programa Mundial de Investigación Meteorológica, el Sistema Mundial de

Observación del Clima, el programa de química atmosférica de la Vigilancia de la Atmósfera Global y el Programa Mundial sobre el Clima apoyan la producción de información científica para el IPCC y otros procesos de evaluación científica muy relacionados, así como el suministro de aplicaciones a los usuarios.

El Equipo de expertos sobre detección e índices del cambio climático (ETCCDI) es un ejemplo de los múltiples esfuerzos de colaboración llevados a cabo entre estos programas, que involucran a científicos voluntarios de los SMHN y a otros socios. El ETCCDI ha contribuido significativamente a la mejora de la comprensión de los cambios en los extremos climáticos (Alexander y otros, 2006). El ETCCDI ha tenido la capacidad de organizar cursillos (véase el cuadro de la página 106) sobre índices de extremos climáticos en muchas partes diferentes del mundo. Estos y otros programas de creación de capacidad de la OMM deberían seguir siendo apoyados y mejorados, puesto que es urgente llevar la ciencia climática a todos y cada uno de los recovecos del mundo.

Resumen

La publicación del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, que atribuye el calentamiento global observado a la influencia antropogénica con una seguridad mayor que nunca, deja patente que la adaptación ante el cambio climático será un proceso ineludible. La adaptación imperativa, la necesidad inminente de tomar decisiones relativas a futuras infraestructuras y sistemas que tengan en cuenta los efectos del cambio climático, desembocará en una necesidad incluso mayor que la que existía en el pasado de conservar y de mejorar la vigilancia y la ciencia del clima. Aún existen grandes incertidumbres y muchas lagunas en nuestra comprensión del cambio climático, concretamente a escalas regionales y locales que podrían resultar relevantes de cara al proceso de adaptación, en las que la ciencia climática, por el momento, no puede hacer frente a muchas de las necesidades de adaptación. Algunos de los esfuerzos renovados necesarios para apoyar a la ciencia climática incluyen el mantenimiento y la mejora de los sistemas de vigilancia cli-

mática, una determinación renovada de intercambiar información y datos climáticos a nivel internacional, y una creación continua de capacidad en la comunidad de la investigación climática en todas las naciones, con el fin de desarrollar y compartir la ciencia climática con todas las partes interesadas y con los responsables de adoptar decisiones.

Referencias

- ALEXANDER, L.V., X. ZHANG, T.C. PETERSON, J. CAESAR, B. GLEASON, A.M.G. KLEIN TANK, M. HAYLOCK, D. COLLINS, B. TREWIN, F. RAHIMZADEN, A. TAGIPOUR, K. RUPA KUMAR, J. REVADEKAR, G. GRIFFITHS, L. VINCENT, D.B. STEPHENSON, J. BURN, E. AGUILAR, M. NRUNET, M. TAYLOR, M. NEW, P. ZHAI, M. RUSTICUCCI, J.L. VÁZQUEZ-AGUIRRE, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J.G.R.—Atmosphere*, doi: 10.1029/2005JD006290.
- BARNETT, T.P., D.W. PIERCE, H.G. HIDALGO, C. BONFILS, B.D. SANTER, T. DAS, G. BALA, A.W. WOOD, T. NOZAWA, A.A. MIRIN, D.R. CAYAN, M.D. DETTINGER, 2008: Human-induced changes in the hydrology of the Western United States, *Science*, doi:10.1126/science.1152538.
- GILLETT, N.P., F.W. ZWIERS, A.J. WEAVER, P.A. STOTT, 2003: Detection of human influence on sea-level pressure. *Nature*, doi:10.1038/nature01487.
- CHRISTENSEN, J.H., B. HEWITSON, A. BUSUIOC, A. CHEN, X. GAO, I. HELD, R. JONES, R.K. KOLLI, W.-T. KWON, R. LAPRISE, V. MAGAÑA RUEDA, L. MEARNES, C.G. MENÉNDEZ, J. RÄISÄNEN, A. RINKE, A. SARR and P. WHETTON, 2007: Regional Climate Projections. En: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 1990: *Scientific Assessment of Climate Change—Report of Working Group I* (J.T. HOUGHTON, G.J. JENKINS, J.J. EPHRAUMS (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 365 pp.
- IPCC, 1996: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (J.T. HOUGHTON, L.G. MEIRA FILHO, B.A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG and K. MASKETT (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572 pp.
- IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (J.T. HOUGHTON, Y. DING, D.J. GRIGGS, M. NOGUER, P.J. VAN DER LINDEN, X. DAI, K. MASKELL and C.A. JOHNSON (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 944 pp.
- IPCC, 2007(a): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2007(b): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (M.L. PARRY, O.F. CANZIANI, J.P. PALUTIKOF, P.J. VAN DER LINDEN and C.E. HANSON (eds.)), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KHARIN V.V., F.W. ZWIERS, X. ZHANG and G.C. HEGERL, 2007: Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. *J. Climate*, 20, 1419-1444.
- PETERSON, T. C., M. MCGUIRK, T. G. HOUSTON, A. H. HORVITZ and M. F. WEHNER, 2008: *Climate Variability and Change with Implications for Transportation*, National Research Council, en imprenta.
- PIRARD, P., S. VANDENTORREN, M. PASCAL, K. LAADI, A. LE TETRE, S. CASSADOU y M. LEDRANS, 2005: Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France. *Euro Surveill*, 10, 153-6.
- SANTER, B.D. et al., 2007: Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *Proceedings of the National Academy of Science*, 104, 15248-15253.
- STOTT, P.A., D.A. STONE and M.R. ALLEN, 2004: Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, doi:10.1038/nature02089.
- WILLETT, K.M., N.P. GILLETT, P.D. JONES and P.W. THRONE, 2007: Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature*, doi:10.1038/nature06207.
- ZHANG, X., F.W. ZWIERS and P. STOTT, 2006: Multi-model multi-signal climate change detection at regional scale. *J. Climate*, 19, 4294-4307.
- ZHANG, X., F.W. ZWIERS, G.C. HEGERL, F.H. LAMBERT, N.P. GILLETT, S. SOLOMON and T. NOZAWA, 2007: Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, doi:10.1038/nature06025.