

# La detección del cambio climático en México

Vázquez Aguirre, Jorge Luis

2015-03-20

---

<http://hdl.handle.net/20.500.11777/733>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# LA DETECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

**Jorge Luis Vázquez Aguirre**

Experto en variabilidad climática en México y en detección instrumental e índices de cambio climático. Actualmente es investigador doctorante en la Climatic Research Unit de la Universidad de East Anglia en el Reino Unido

Fotografía: Imageafter

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), con base en la evidencia científica observada de incremento en la temperatura global y de cambios en el océano, los continentes, la atmósfera y la criosfera, en su cuarto reporte de evaluación concluye que: “el calentamiento del sistema climático es inequívoco” (IPCC, 2007). La conclusión cada vez más sólida de un inminente calentamiento del planeta —y del cambio climático asociado— ha llevado a los gobiernos a reconocer la estabilidad del clima como un imperativo para la prosperidad y la seguridad mundial. El hecho de que la mayor parte del calentamiento observado en la última mitad de siglo sea atribuible al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ha dado lugar al surgimiento (1994) de la Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático (CMNUCC), la adopción (1997) y entrada en vigor (2005) del Protocolo de Kioto y las reuniones anuales de los miembros de la CMNUCC denominadas “Conferencias de las partes”, la más reciente efectuada en Copenhague (2009). Éstas y otras acciones buscan establecer compromisos internacionales de cooperación en mitigación y adaptación al cambio climático, ya que mientras que la mitigación es imprescindible para evitar llegar a niveles catastróficos de cambio climático (véase Schellnuber *et al.*, 2006), la adaptación a los cambios del clima que son ya inevitables es imprescindible en el corto plazo (véase Adger *et al.*, 2009). La implementación exitosa de estrategias de adaptación depende fuertemente de la detección precisa y oportuna de los cambios causados por el calentamiento global en el clima regional. A continuación se enuncian las definiciones de cambio climático, se plantea el concepto de detección del mismo y se describen algunas actividades realizadas recientemente en México sobre el tema.

# Definiciones de cambio climático

La consideración de dos definiciones y sus diferencias es importante para comprender el cambio climático: por un lado el IPCC lo define como “cualquier cambio en el clima producido en el transcurso del tiempo ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana”; mientras que la CMNUCC, en su artículo primero, lo define como “un cambio en el clima que es atribuible directa o indirectamente a las actividades humanas, que altera la composición de la atmósfera planetaria y que se observa en forma adicional a la variabilidad climática natural durante periodos de tiempo comparables”. En materia de detección de cambio climático y atribución de sus causas, la definición que se utiliza está mejor contextualizada con la propuesta por la CMNUCC (Zwiers, 2009).

## DetECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

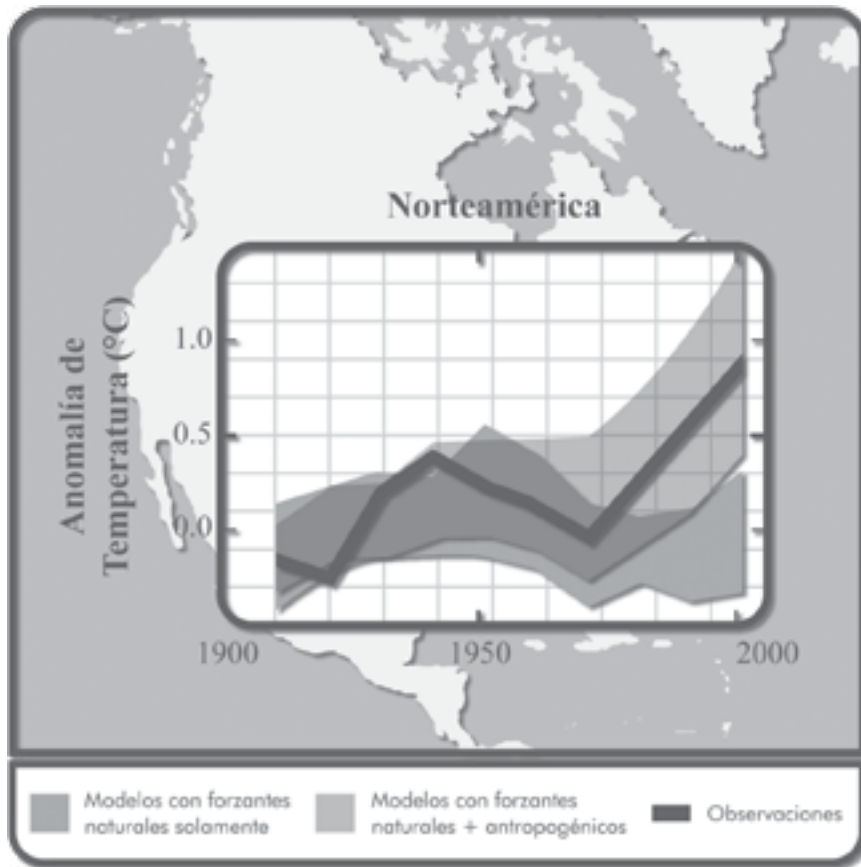
La *detección* del cambio climático es el proceso de demostrar que ha sucedido algún cambio en el clima observado, en algún sentido estadístico, pero sin determinar los orígenes de dicho cambio. Luego, la *atribución* del cambio climático es el proceso de identificar, con un nivel de confianza dado, las causas más plausibles de un cambio detectado en el sistema climático (IPCC, 2007). Es importante enfatizar que la detección de cambios en el clima no implica la atribución de sus causas y, por lo tanto, en el proceso de investigación es posible diferenciar claramente dos etapas: i) detectar cambios significativos en el clima y ii) determinar las causas de los cambios detectados.

El clima cambia constantemente; la variabilidad natural del clima ocurre en un amplio espectro de periodos. Esto incluye variaciones climáticas como las estaciones (invierno, verano, etc.), la variabilidad del clima de un año específico con respecto a otro y las variaciones entre lustros, décadas o periodos mayores. Algunos de estos cambios comúnmente observados –como el hecho de que un año en particular se observe cálido y seco mientras que un año adyacente o cercano a éste pueda ocurrir frío y húmedo– están modulados por sistemas naturales atmosféricos, oceánicos o de interacción océano-atmósfera, tales como el fenómeno de El Niño –Oscilación del Sur (ENSO), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) o la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO)–.

Estos moduladores naturales del sistema climático son los que ocasionan que en dos periodos consecutivos no ocurran características climáticas idénticas. No es, sin embargo, la influencia de los moduladores naturales del clima lo que ha causado los cambios más abruptos en el clima de la Tierra; más bien, éstos han sido inducidos por forzamientos externos, naturales o antropogénicos. Los forzamientos de origen natural incluyen las variaciones en la actividad solar o volcánica; mientras que los de origen humano incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero y de aerosoles a la atmósfera, o los cambios en el uso del suelo.

La temperatura del planeta ha aumentado abruptamente en las últimas décadas, tal y como ha sido detectado en el registro global de temperatura (Brohan *et al.*, 2006; Trenberth *et al.*, 2007) y las investigaciones paleoclimatológicas han demostrado que el aumento de temperatura recientemente observado en la Tierra ha sido el más alto del último milenio (Jones *et al.*, 2001). Los estudios de atribución, con base en el uso de complejos modelos climáticos, han encontrado que el reciente aumento de temperatura global está altamente relacionado con el aumento en la atmósfera de la concentración de gases de efecto invernadero provenientes de emisiones de origen humano. Esto se basa en el hecho de que al utilizar los modelos climáticos para reproducir el clima del último siglo e incluir únicamente los forzamientos naturales resulta imposible explicar el calentamiento reciente; y, por el contrario, cuando en los modelos climáticos se incluyen tanto los forzamientos naturales como los de origen humano, el clima observado se reproduce adecuadamente (Hegerl *et al.*, 2007). La Figura muestra el caso de este tipo de comparación para la región continental de Norteamérica: el área con líneas horizontales muestra la combinación de los resultados de modelos climáticos que incluyen forzamientos naturales y antropogénicos; el área con líneas verticales muestra los resultados de modelos que incluyen forzamientos naturales, únicamente, y la línea negra muestra el cambio de temperatura registrado en las observaciones.

La detección del cambio climático en la escala global requiere contar previamente con observaciones representativas también de la escala global (o, en su defecto, en escalas que cubran grandes regiones del planeta, por ejemplo, las grandes áreas continentales), de manera que la influencia de los factores locales se reduzca al mínimo en la señal planetaria. Esto implica la compilación de datos climáticos de todo el mundo, así como un arduo trabajo científico para garantizar la calidad y homogeneidad de los datos que integran la serie climática representativa del planeta (Jones y Briffa, 1992; Jones *et al.*, 1997; Jones y Moberg, 2003; Brohan *et al.*, 2006). No hay que olvidar la importancia de comprender que las manifestaciones del cambio climático pueden expresarse de manera diversa en las distintas regiones o localidades específicas del planeta.



Cambio de temperatura durante el último siglo en la región continental de Norteamérica: a) modelado incluyendo forzamientos naturales únicamente, b) modelado incluyendo forzamientos naturales más antropogénicos y c) observado (adaptada de la original, IPCC, 2007 - FAQ 9.2, Fig. 1).

## Implicaciones del cambio climático en los eventos extremos

El calentamiento del sistema climático traerá como consecuencia modificaciones en los mecanismos de interacción de sus componentes, por ejemplo, ocasionará alteraciones en el ciclo hidrológico y en el papel que éste juega para mantener los balances hídrico y energético del planeta, alterando los patrones habituales del clima regional. Cambios en los eventos extremos, tales como lluvias muy intensas, frecuencia y duración de las sequías, ondas de calor y temperaturas muy bajas, son algunas de las implicaciones del cambio climático que impactarán profundamente en la naturaleza y la sociedad. La Organización Meteorológica Mundial comunicó al mundo el consenso científico sobre una mayor ocurrencia de eventos extremos en las siguientes décadas (WMO, 2003). En Norteamérica los cambios en los extremos a causa del calentamiento global son evidentes (Peterson *et al.*, 2008).

La detección de cambios en los extremos es necesaria para la adaptación. En detección es requisito la disponibilidad de datos climáticos en la escala diaria y en el mayor número de localidades posible en la región de interés. Los datos climáticos son los registros de las condiciones climáticas observadas, medidas en localidades y momentos específicos con algún instrumento en particular, bajo un conjunto de procedimientos estándares. Una base de datos climática contiene información sobre el clima en los sitios de observación y sobre otros factores (ambiente de la estación de observación, instrumentos y procedimientos de registro). Idealmente, los datos climáticos para la detección de cambios en extremos, además de estar disponibles para cada día, deben cubrir un largo periodo de registro (varias décadas) en forma completa y continua, y ser homogéneos, es decir, estar libres de alteraciones en las

*“En Norteamérica los cambios en los extremos a causa del calentamiento global son **evidentes**” (Peterson *et al.*, 2008).*

mediciones a causa de cambios en la ubicación de la estación, cambios de instrumentos o cambios en el entorno. Por ejemplo, si una estación de observación se mueve desde su ubicación en lo alto de una colina hasta un valle 300 metros más bajo en altitud, el análisis de sus datos de temperatura probablemente mostrará un calentamiento abrupto en el momento de la reubicación de la estación. Este salto artificial no sería representativo de un cambio de temperatura en la región. En tal caso, es fundamental desechar de los datos los factores no climáticos antes de analizarlos, es decir, es necesario homogeneizar la información. El objetivo de la homogeneización de datos climáticos es ajustar las observaciones, en caso de ser necesario, de modo que las variaciones temporales en los datos sean causadas únicamente por procesos climáticos (Peterson *et al.*, 1998). Lo anterior no es una tarea fácil y es recomendable dejar que los expertos en homogeneidad la implementen asistidos por expertos del clima local. La compilación, provisión y actualización de una base de datos diaria completa y disponible a escala global es una tarea muy complicada, debido en parte a que la mayoría de las observaciones se realiza con propósitos de pronóstico y no de monitoreo de largo plazo, y en parte también a que no todos los Servicios Meteorológicos Nacionales del mundo cuentan con capacidad o autorización para distribuir sin restricciones la información de sus observaciones. Los análisis de cambios en extremos dependen, por lo tanto, de la disponibilidad y calidad de los datos climáticos en cada país.

El Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices (ETCCDI, por sus siglas en inglés) formado conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el proyecto sobre Variabilidad Climática del Programa Mundial de Investigación del Clima (CLIVAR) y la Comisión Conjunta de Oceanografía y Meteorología, Marítima (JCOMM) tiene el mandato de solventar las necesidades para medir

y caracterizar objetivamente la variabilidad y el cambio climático. Mediante coordinación internacional de colaboraciones en detección e índices de cambio climático, el ETCCDI ha venido coordinando un esfuerzo para desarrollar, calcular y analizar un conjunto de índices de cambio climático que puedan ser calculados en forma idéntica por individuos, países y regiones, con el fin de tener una base comparativa a escala global (Karl *et al.*, 1999; Peterson, 2005; Peterson y Manton, 2008). Los índices básicos (27) del ETCCDI son calculados a partir de los valores de temperatura y precipitación diaria, y algunos de ellos consideran umbrales relevantes para aplicaciones particulares.

## DetECCIÓN DE CAMBIOS EN LOS EXTREMOS CLIMÁTICOS DE MÉXICO

El ETCCDI ha definido una estructura básica para el desarrollo de talleres regionales de detección e índices de cambio climático (Peterson y Manton, 2008). Recientemente, la Universidad Iberoamericana Puebla, en coordinación con el Instituto Nacional de Ecología y con apoyo financiero de la Embajada Británica en México, realizó acciones orientadas a la construcción de capacidades en detección e índices de cambio climático en México. Parte de éstas fue la realización de dos talleres para analizar los cambios observados en el clima en diversas entidades federativas. El primer taller (marzo 2009) se basó en la estructura propuesta por el ETCCDI aplicada al caso de la república mexicana y resultó de utilidad para fortalecer la capacidad nacional en detección de cambio climático con base en índices. Miembros del ETCCDI participaron en el taller, en el que personal técnico adscrito a instituciones académicas y gubernamentales trabajó directamente con datos climáticos diarios proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional y accedió a materiales sobre el clima global y nacional, y a métodos y *software* para calcular los índices de cambio climático. El segundo taller (noviembre 2009) fomentó que los procesos de toma de decisiones usen los análisis de cambios observados en el clima y la continuidad en las actividades de observación y monitoreo. Así, mediante el cálculo y uso de los índices del ETCCDI y la creación de una red multi-institucional en el país, se pretende generar insumos técnicos utilizables en adaptación y mitigación del cambio climático y en la consolidación del desarrollo sustentable en el país. Nuevos programas y acciones climáticas resultarán beneficiados de estas capacidades.

# Conclusiones

La construcción de condiciones de seguridad climática ante las manifestaciones del calentamiento global demanda la transición hacia una economía sustentable de bajo carbono. Para eso, el diseño de políticas de mitigación y adaptación requiere no sólo de la información de escenarios del clima futuro, sino también de la mejora en el conocimiento del clima presente y de sus cambios observados. Dado que los impactos del calentamiento global se manifestarán en diversas formas a lo largo de las regiones y localidades del planeta, una mejor capacidad en el monitoreo y entendimiento del clima local y regional es fundamental para construir capacidad de respuesta por parte de la sociedad ante los cambios en el clima. Por tanto se requiere mantener los esfuerzos para fortalecer las capacidades nacionales en detección y monitoreo de los cambios del clima en México bajo un enfoque multidisciplinario, involucrando a científicos, tomadores de decisiones y diseñadores de políticas con el propósito de promover el uso de la información del clima para informar las decisiones y políticas relacionadas.

## Agradecimientos

*Agradecemos el apoyo de diversas instituciones: Universidad Iberoamericana Puebla, Instituto Nacional de Ecología, Universidad de East Anglia, miembros del ETCCDI, Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM, Universidad Veracruzana, Servicio Meteorológico Nacional, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Educación Pública y, en especial, a la Embajada Británica en México.*

## Referencias bibliográficas

- Adger, W.N., I. Lorenzoni and K. O'Brien (Eds.) (2009). *Adapting to climate change*. Cambridge University Press. ISBN-13: 9780521764858.
- Brohan, P., J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett, and P.D. Jones (2006). Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophysical Research* 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Hegerl, G.C., F. W. Zwiers, P. Braconnot, N.P. Gillett, Y. Luo, J.A. Marengo Orsini, N. Nicholls, J.E. Penner and P.A. Stott (2007). *Understanding and Attributing Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon y colaboradores (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- IPCC (2007). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Zenhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Jones, P.D., and K.R. Briffa (1992). Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part 1, spatial, temporal and seasonal details. *The Holocene* 2:165-79.
- Jones, P.D., T.J. Osborn, and K.R. Briffa (1997). Estimating sampling errors in large-scale temperature averages. *J. Climate* 10:2548-2568.
- Jones, P.D., T.J. Osborn and K.R. Briffa (2001). The evolution of climate over the last millenium. *Science*, 27. Vol. 292. No. 5517, pp 662-667.
- Jones, P.D., and A. Moberg (2003). Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *J. Climate* 16, 206-223.
- Karl, T.R., N. Nicholls, and A. Ghazi (1999). CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. *Climatic Change*, 42, 3-7. Peterson, T.C., Easterling, D.R., Karl, T.R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., Torok, S., Auer, I., Bohm, R., Gullett, D., Vincent, L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mestre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Foland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P. and Parker, D. (1998). Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *Int. J. Climatology*, 18,1493-1517.
- Peterson, T.C. (2005). Climate change indices. *WMO Bulletin* 54 (2), 83-86.
- Peterson, T.C., Zhang, X., Brunet-India, M. and Vazquez-Aguirre, J.L. (2008). Changes in North American extremes derived from daily weather data. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2007JD009453.
- Peterson, T.C. and Manton, M.J. (2008). Monitoring changes in climate extremes: a tale of international collaboration. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 89, 1266-1271
- Schellnuber, H. J., W. Cramer, N. Nakicenovic, T. Wigley and G. Yohe (Eds.), (2006). *Avoiding dangerous climate change*. Cambridge University Press. New York, NY. United States. ISBN 0-521-86471-2.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai, (2007). *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* [Solomon y colaboradores (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- WMO (2003). World Meteorological Organization Press Release No. 695. July 2. Geneva, CH.
- Zwiers, F. (2009). *Climate Change Detection and Attribution Methods*. 6th GKSS School on Environmental Research, Oct. 6-16. Lecce, Italy.