



## GESTIÓN PÚBLICA TRANSVERSAL ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y CONCEPTOS EN MATERIA DE DETECCIÓN Y ATRIBUCIÓN

Benjamín Ortiz-Espejel<sup>[1]</sup>  
y Jorge Luis Vázquez-Aguirre<sup>[2]</sup>

Se ofrece una reflexión crítica sobre la necesidad de desarrollar investigaciones de tipo sistémicas para enfrentar el cambio climático. El estudio de sistemas complejos es una propuesta metodológica que puede dar origen a la plataforma de conocimiento que demanda la actual situación del conocimiento y gestión del cambio climático en México. Desde una perspectiva sistémica, es posible construir políticas de transversalidad que se conviertan en los fundamentos empíricos orientados por un enfoque de sistemas complejos. En el modelo de gestión de las políticas de transversalidad para el cambio climático, la práctica científica interdisciplinaria nutre a la práctica política integradora con evidencias respaldadas por marcos teóricos sólidos que fundamenten la toma de decisiones. Esta tesis se ve complementada con los conceptos de detección y atribución del cambio climático y se ejemplifica el proceso de generación de información instrumental del clima para informar la toma de decisiones.

**Palabras clave:** gestión pública transversal, cambio climático, detección y atribución, sistemas complejos.

A critical analysis on the necessity to develop a systemic research in order to cope with climate change is presented. The study of complex systems is the proposed approach for the creation of a knowledge platform able to meet the needs in climate change management in Mexico. From a systemic perspective, it is possible to build transversal policies that become the empirical bases oriented by a complex system approach. In the model of management of the PTCC (políticas de transversalidad para el cambio climático) the interdisciplinary scientific practice provides inputs to the integrated political practice based on observed information, which in turn is feasible of being used in decision-making. The aforementioned is put into context with the concepts of climate change, detection and attribution are described to finally give an example about the type of instrumental climate information available for such processes.

**Keywords:** transversal public management, climate change, detection and attribution, complex systems.

[1] Doctor en Ciencias, miembro del SNI, con especialidad en manejo de recursos naturales; asociado del programa LEAD y de la Fundación Rockefeller. Consultor de las fundaciones Ford, Hilton y Kellogg, y Banco Mundial. Coordinador del Programa Interdisciplinario en Medio Ambiente de la UIA Puebla y coordina proyectos en México con el Reino Unido, el Instituto Nacional de Ecología y la UIA León (benjamin.ortiz@iberopuebla.edu.mx).

[2] Maestro en Ciencias de la Atmósfera por la Universidad Autónoma de México (UNAM). Es investigador doctorante en variabilidad y cambio climático en la Universidad de East Anglia del Reino Unido. Participa con el Instituto Nacional de Ecología y la UIA Puebla en el fortalecimiento de capacidades para la detección instrumental del cambio climático en México (j.vazquez-aguirre@uea.ac.uk).

**Nota:** se agradece la invitación INEGI-UNAM al Seminario de Cambio Climático y Estadística Oficial al CONACYT, la SEP, la Embajada Británica en México, el Instituto Nacional de Ecología, la Universidad Iberoamericana Puebla, la Universidad Veracruzana, el Servicio Meteorológico Nacional, miembros y colaboradores del grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático y al profesor Phil Jones de la Climatic Research Unit, UEA.

# Parte I. Gestión pública transversal ante el cambio climático

## 1. Introducción

A pesar de la importancia reconocida desde hace más de 40 años sobre desarrollar aplicaciones metodológicas de tipo interdisciplinario a los problemas emergentes del ambiente, en los hechos existe mayor retórica que resultados concretos. De ello se deriva, en parte, que este tipo de enfoques no han logrado avances sustanciales al omitir la aplicación empírica de la práctica científica en experiencias que, finalmente, son de corte multidisciplinarias. Sus argumentos, por lo general, sólo hacen uso de una lógica binaria cuando lo que demanda el estudio de la práctica interdisciplinaria es un análisis *procesual* de, cuando menos, tres elementos (Castañares, 2009): a) la construcción del objeto de estudio *complejo*; b) el modelo de procesos interdependientes del sistema complejo y c) la reflexión de la práctica científica de un colectivo cognoscente.

**Figura 1**  
Elementos del análisis triádico de la práctica interdisciplinaria



La propuesta sugerida para realizar una investigación de un sistema complejo es, por lo tanto, establecer la construcción conceptual de la relación entre estos tres elementos. El sujeto cognoscente no es un individuo; por *investigador* se hace referencia a una persona participando en un proceso colectivo y

multidisciplinario donde cada uno de sus integrantes domina una disciplina o especialidad pero, además, han aprendido a entender que no es un impedimento para trabajar con individuos formados en otras áreas del conocimiento si se cuenta con una metodología para ello. El objeto de estudio complejo es un *recorte de la realidad* orientado por el marco epistémico, es decir, por el conjunto de valores compartidos por el sujeto cognoscente. Por último, el modelo de sistemas complejos funciona como una hipótesis de trabajo del funcionamiento del sistema y que es puesta a prueba en la intervención empírica del equipo de investigación, o bien, de las políticas públicas.

Postulamos que este tipo de trabajo de investigación abre la posibilidad de contribuir a resolver problemas críticos, como los que hoy enfrentamos en cuestiones del cambio climático.

Asistimos, de esta manera, a una época donde el pleno potencial de los estudios multidisciplinarios no se ha alcanzado debido, en parte, a la profusión confusa de discursos inter- o transdisciplinarios. Asimismo, debe reconocerse que, en el grueso de los programas de formación profesional y de posgrado, domina una formación eminentemente disciplinar y fragmentario sin su complemento indispensable en un enfoque sistémico (Ortiz y Duval, 2008).

## 2. De la construcción del conocimiento a la política pública transversal

La producción del conocimiento científico occidental se ordena por unidades de análisis que vienen dadas por las comunidades académicas estructuradas en disciplinas y especialidades. Estas formas de organización del trabajo en la Academia repercuten en otros ámbitos de organización del trabajo de nuestra sociedad. "De esta forma [a través de enfoques *holísticos* y *sistémicos*] se ha abierto un proceso que cuestiona las formas de institucionalización y legitimación de un saber fraccionado (...) aplicado en las funciones sectorializadas de la planificación y de la administración pública..." (Leff Enrique, 1986).

Postulamos que las disciplinas y especializaciones provenientes de la ciencia *normal*, es decir de tipo reduccionista, se reproducen en los estilos de políticas sectorizadas y programas de gobierno especializados de la administración pública. Las propuestas interdisciplinarias en la Academia tienen su correlativo en las integrales —en la actualidad con nuevos atuendos, se les dice transversales— de la administración ambiental, ambas cargadas más de

retórica que de fundamentos que ayuden a hacerlas viables. Las implicaciones de esta observación para la administración ya habían sido advertidas desde sus orígenes.

En una investigación pionera se pone de manifiesto que: "...las funciones que corresponden a una unidad administrativa encargada de la administración ambiental global no pueden ser consideradas como un sector más dentro de la APF (Administración Pública Federal), en paridad de condiciones con las secretarías responsables, por ejemplo, de sectores productivos. El medio ambiente no es un *sector* sino una dimensión que permea todos los sectores. Su administración corta transversalmente las funciones de los sectores de la APF..." (Laurelli Elsa, P. Pirez y E. Castañares, 1990, p. 753).

En fechas recientes, las políticas públicas se han dirigido más a cómo incorporar en el sentido de sumar, antes que encauzar a las políticas de los otros sectores por criterios de respuesta a problemas de alta complejidad. Así, no hay una coordinación entre programas gubernamentales, mientras que desde el sector ambiental se promueven acciones de conservación de la biodiversidad en otros sectores (como el agropecuario) se impulsan actividades destructivas.

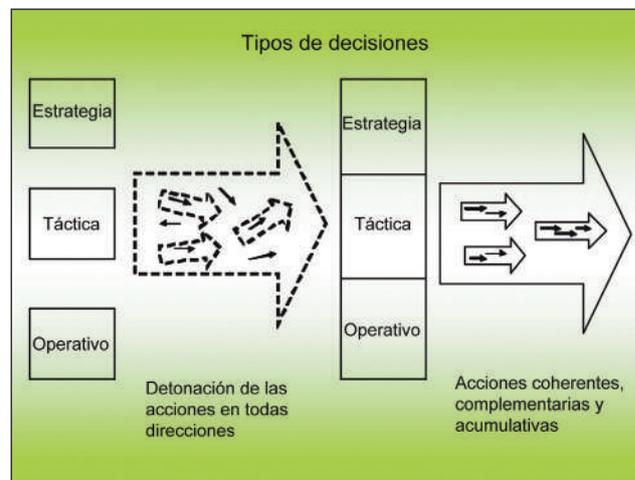
En la actualidad, esta contradicción ha llegado al punto en que la agenda ambiental pierde viabilidad por quedar subordinada —sino es que ignorada— por programas gubernamentales e inversiones privadas que se contraponen a la sustentabilidad del desarrollo. Lo que tenemos entonces son políticas y programas públicos desarticulados cuando no en franca contradicción (Castañares, 2009).

Los problemas no resueltos de intersectorialidad se dan en todos los niveles, no sólo entre secretarías sino al interior de ellas por lo cual no es equivocado decir que el gobierno mexicano es un *gobierno por programas* más que uno *por políticas*, lo cual significa, en la práctica, que muchos programas de un sector no logren ser coherentes, complementarios y acumulativos.

### 3. Toma de decisiones y niveles de organización

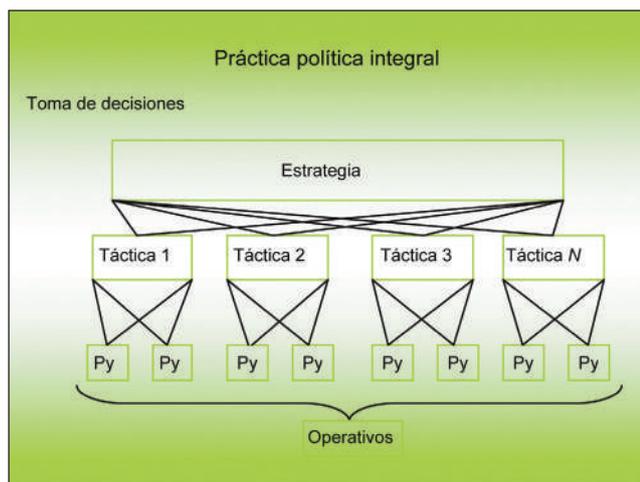
Lo que predomina es que las tomas de decisiones se den de forma aislada, unas sin tener en cuenta a las otras a pesar de los asfixiantes controles administrativos, de manera que el resultado sea una detonación de acciones operativas que no van en una misma dirección (Castañares, 2009). Por el contrario, cuando la toma de decisiones tiene mecanismos de *alineamiento* entre los niveles de decisión, es posible que éstas se acoplen para dar origen a acciones integrables, esto es, que sean coherentes, complementarias y acumulativas.

**Figura 2**  
**Dos situaciones extremas de la interacción de toma de decisiones**



La práctica de una política integradora requiere, al igual que la científica, fundamentarse en una visión sistémica de procesos: un cabildeo multinivel que se redefine de acuerdo con el intercambio de información entre los diferentes niveles de toma de decisiones, por ejemplo, el táctico, que funciona como un mecanismo bisagra, una mesa de negociaciones entre los otros dos niveles. En éste es donde puede madurar el círculo virtuoso en una espiral de aprendizaje para los actores. Es el mecanismo por el cual los tomadores de decisiones estratégicas y operativas pueden construir de manera colectiva —sociedad y gobierno— una cada vez mejor capacidad de elegir soluciones adecuadas y contribuir, así, a la gobernabilidad (Castañares, 2008).

**Figura 3**  
**Práctica política integradora de cabildeo multinivel**



Además, la perspectiva territorial de la toma de decisiones tácticas faculta a la gestión ambiental para que las acciones de los diferentes agentes del desarrollo sean integrables porque permiten articular los proyectos que, de otra forma, sólo promueven desde sus propios intereses. Esta articulación tiene el firme propósito de que los programas propongan e implementen proyectos que, desde la perspectiva ambiental del desarrollo, sean coherentes, complementarios y acumulativos entre sí (Castañares, 2009).

En pocas palabras, se debe buscar la integración de acciones y no sólo su sumatoria. No se trata de agregar más acciones sino de reformular la práctica política con capacidades para que sea integrable por la gestión ambiental.

#### **4. Transversalización de la política ante el cambio climático**

El concepto de cambio climático se origina y desarrolla a partir de la documentación de modificaciones significativas en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Ello fue posible por la integración de los aportes conceptuales y metodológicos de la Climatología, Química Atmosférica, Modelación Matemática de Gases y Líquidos, así como la Termodinámica de Sistemas Alejados del Equilibrio. No obstante que manejan escalas espaciales y temporales diferentes, se facilita la integración de los aportes de estas ciencias en virtud de que son disciplinas vecinas con mucho en común en sus dominios teóricos y materiales. Entre éstas se llegan

a establecer de forma muy clara que los esfuerzos para comprender el proceso de cambio climático, aun cuando exitosos, serán insuficientes. Éste es el problema que motiva la idea de buscar conectividad entre dichas áreas del conocimiento; el resultado de este proceso de diferenciación e integración es la unidad de análisis que conocemos como políticas de transversalidad para el cambio climático (PTCC).

Sugerimos que una PTCC requiere, entonces, el trabajo coordinado entre los actores sociales de los tres niveles de voluntades. Se asume el objetivo de promover la institucionalización de una serie de acciones que pretenden, de manera planeada, hacer adecuaciones a la actividad humana para enfrentar los retos que nos plantea el cambio climático.

De esta forma, se trata de integrar las iniciativas de orden internacional en favor de mitigar los efectos del calentamiento global, así como de las prácticas de adaptación a una serie de medidas nacionales y locales que deberán ser adoptadas por las instancias gubernamentales para hacer efectiva esa PTCC, se trata de que todas las dependencias e instituciones del gobierno del estado, en particular, trabajen de manera coordinada ya que todas tienen incidencia en el fenómeno y, a su vez, todas son afectadas por el mismo.

Por ello, se debe tener una idea compartida sobre lo que se entiende por transversalización; para ello, acudimos al Grupo de Especialistas en Transversalidad del Consejo de Europa: "...la (re) organización, la mejora, el desarrollo y la evaluación de los procesos políticos [de tal manera que las acciones de adecuación y mitigación para el cambio climático] (...) se incorpore en todas las políticas, a todos los niveles y en todas las etapas, por los actores normalmente involucrados en la adopción de medidas políticas...".<sup>[3]</sup>

Se debe tomar en cuenta que hoy en día es necesario institucionalizar los programas y acciones que emprenden los gobiernos, cualquiera que sea su orden (federal, estatal o municipal), pues de otra suerte, cuando se requiere forzosamente hacer el cambio (como lo exigen las condiciones de la democracia) corren el peligro de no ser considerados ni ser sujetos de continuidad para la siguiente

[3] La definición entre comillas pertenece al Grupo de Especialistas en Transversalización (*mainstreaming*) del Consejo de Europa (1998), lo que se encuentra entre corchetes es del primer autor de este artículo.

administración. Por ello, se propone que las PTCC se realicen con toda la institucionalización que el caso exige.

Hacer esto implica que se tomen en cuenta las diferentes percepciones entre las generaciones, actores sociales y los gobiernos (nación, estado, municipio) para considerar en cada organización, sociedad y circunstancia, las causas y los mecanismos institucionales y culturales que estructuran la degradación del medio ambiente y generan contaminantes, gases y basura que lo afecta y aceleran el cambio climático.

En este sentido, la institucionalización de las acciones implica el reconocimiento de nuestra realidad social pero, además, supone la necesidad de admitir de manera explícita que se deben diferenciar las necesidades sociales, económicas y políticas de la población en el diseño de acciones de gobierno, ya que éste resulta ser un requisito de la democracia y el desarrollo humano, mismo que afecta la generación de contaminantes y, a su vez, influye en los cambios del clima y de la cultura en la sociedad (Ortiz-Espejel, 2009).

Por ello, institucionalizar acciones de adecuación y mitigación del cambio climático requiere que se modifiquen las leyes actuales o se creen nuevas para propiciar los cuidados necesarios del aire, la tierra y el agua del planeta.

Además, requiere la transformación de los tradicionales enfoques de análisis sectorizado de los problemas sociales, la transformación de la estructura orgánica y de los procedimientos operativos de las organizaciones públicas y el cambio en los criterios y mecanismos para evaluar el impacto de las políticas en la población.

Uno de los aspectos centrales en la estrategia para *transversalizar* los contenidos de las políticas es la preparación y capacitación de los servidores públicos. De esta forma se considera prioritario fortalecer sus capacidades mediante la ampliación de su visión acerca del desarrollo humano, los derechos humanos y de los efectos del cambio climático como herramientas imprescindibles para la planificación y ejecución de políticas públicas (Ortiz-Espejel, 2009).

La propuesta consiste en que la estrategia comience con un programa de sensibilización y capacitación en materia de cambio climático, proporcionada por

los equipos de científicos especializados en el tema, misma que se vincule a los temas específicos de cada institución para que este proceso llegue a ser sistémico y posibilite la actualización y problematización de conocimientos y el fortalecimiento de capacidades para que cada ciudadano tenga el espacio de participación personal de adecuación y mitigación, como estrategia que logre, realmente, impactar en la corriente principal del quehacer institucional para prevenir los efectos del cambio climático.

## **5. Principios de las PTCC (Ortiz-Espejel, 2009)**

### **Acción solidaria**

Que los gobiernos federal, estatales y municipales manejen sus procesos sustentados en un nuevo diálogo social y político de irrestricto respeto a la cultura y biodiversidad de cada región, municipio y localidad, con criterios actuales, de manera solidaria y con una nueva voluntad global para transformar el conocimiento y las tecnologías en patrimonio común de todos los pueblos y de todas las personas, lo mismo que promover en éstas el compromiso común para cuidar la sustentabilidad del medio ambiente que sustenta la vida en el planeta.

### **Voluntad política**

De la jerarquía de las instituciones públicas, extensiva a toda la administración pública, se deben plantear las prioridades para que la gestión de los tres niveles de gobierno establezca las acciones de adaptación y mitigación para el cambio climático en un lugar preferente en la agenda de los temas gubernamentales. Pero, se estima que esta apuesta podría quedar trunca si no logra comprometer total y permanentemente a los funcionarios del más alto nivel (titulares de las secretarías y procuradurías), por ello, se propone llevar a cabo acciones específicas de sensibilización y capacitación dirigidas a servidores públicos de alto y medio nivel en la entidad.

### **Corresponsabilidad**

Esto establece que la ejecución del programa de cambio climático es una responsabilidad compartida por todas las dependencias e instituciones públicas y de la sociedad civil. Compete a éste la tarea de coordinar, orientar y vigilar que se lleven a cabo las acciones que a cada institución le corresponden para, en un esfuerzo conjunto, lograr la mitigación

de los efectos del cambio climático y la adaptación de las acciones humanas para hacer frente a los impactos del mismo.

La corresponsabilidad tiene como propósito involucrar a todos los actores sociales, políticos y gubernamentales, impregnar todas las acciones, acelerar los cambios estructurales y, sobre todo, tener un alcance totalizador y con rumbo. La intención explícita de este programa es que en cada una de las instituciones de gobierno se incorporen conocimientos, acciones y decisiones relacionadas con el cambio climático como una variable fundamental en todas las etapas de diseño, aplicación y evaluación de las políticas.

En esta medida se deben asignar las responsabilidades y corresponsabilidades institucionales para cada una de las líneas de acción propuestas, no en el ánimo de sobrecargar el quehacer institucional, sino de promover la incorporación del componente cambio climático en cada una de las atribuciones y rutinas de trabajo de todas las organizaciones en la entidad.

La meta es lograr que se le incorpore de manera transversal como uno de los criterios organizadores de los contenidos y procedimientos de todo el ciclo de las políticas públicas estatales —incluyendo planeación, presupuestación, ejecución, monitoreo y evaluación de dichas políticas—, es decir, la corresponsabilidad institucional aparece como factor imprescindible para la ejecución, evaluación e implementación de medidas correctivas que deba adoptar este programa de cambio climático.

### **Interinstitucionalidad**

De manera adicional al anterior, este concepto implica la suma de esfuerzos entre dependencias e instituciones del sector público para poner en marcha las acciones establecidas en este programa, así como otras derivadas de la promoción y el impulso a las acciones de adaptación y mitigación para el cambio climático. En esta línea se pueden sugerir diversos mecanismos que se pueden adoptar, como: a) instalación de oficinas con poder de decisión y posibilidades reales para la institucionalización de las acciones de adaptación y mitigación para el cambio climático, en las diferentes dependencias y entidades públicas, inclusive hasta el nivel de municipio y b) designación de enlaces interinstitucionales, que requieren no sólo del aval de los titulares de los organismos públicos sino, sobre

todo, de los mandatos para incorporar las acciones respectivas en las de la estructura institucional, en sus programas y proyectos.

### **Intersectorialidad**

Resulta vinculado de forma intrínseca con la corresponsabilidad y la coordinación que alude a la necesidad de ejecutar y dar seguimiento a acciones conjuntas que implican la participación de varios sectores y no sólo de varias instituciones. No es de sorprender que, por ejemplo, el combate a la pobreza requiera del trabajo organizado entre los sectores salud, educación, desarrollo social y finanzas, por citar sólo algunos. En el caso de las acciones de adaptación y mitigación para el cambio climático, se aplica a todos los sectores de los gobiernos, sin importar si el orden del mismo está en la Federación, el estado o el municipio.

## **6. Estrategias de las PTCC**

Además de estos principios, la estrategia de transversalización del programa de cambio climático requiere que se ejecuten medidas concretas, algunas de las cuales se mencionan enseguida.

### **Revisión del marco legal**

En materia de cambio climático es necesario hacerlo de manera exhaustiva en cada una de las entidades federativas. Sin embargo, el esfuerzo no puede quedar sólo en ese nivel, sino bajar a los reglamentos de las instituciones públicas y las reglas de operación de los programas y proyectos, de manera que el trabajo de alinear y perfeccionar las acciones del programa encuentren en los mecanismos operativos de las instituciones incentivos y facilidades para tener rápidos avances, pues el fenómeno ya no espera, sus resultados están a la vista de manera cotidiana.

### **Desarrollar herramientas, instrumentos e insumos científicos y técnicos**

Para facilitar la ejecución de las acciones propuestas por las PTCC y la consecución de resultados, por ejemplo:

- a) Bases de datos climatológicos que aporten evidencias del cambio climático.
- b) Indicadores de monitoreo y evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- c) Desarrollo de herramientas del análisis socioeconómico y monitoreo ambiental.

- d) Impulso a la investigación con fines de diagnóstico, así como para diseño de modelos específicos y procesos de evaluación.
- e) Análisis de *buenas prácticas* llevadas a cabo por otras instancias a nivel local, nacional o mundial.

### **Incorporar a la sociedad civil**

Crear mecanismos y procedimientos educativos para que cada institución promueva la participación de la sociedad civil en la ejecución de las acciones. Fortalecer los vínculos entre ambas implica la posibilidad de generar políticas públicas acordes con la situación que se vive en relación con el cambio climático.

### **7. Pregunta conductora**

El estudio de sistemas complejos es una propuesta metodológica que puede dar origen a la plataforma de conocimiento que demanda la actual situación del conocimiento y gestión del cambio climático en México. Desde una perspectiva sistémica, es posible construir políticas de transversalidad que se conviertan en los fundamentos empíricos orientados por un enfoque de sistema complejo. En el modelo de gestión de las PTCC, la práctica científica interdisciplinaria nutre a la política integradora con evidencias respaldadas por marcos teóricos sólidos que sustenten la toma de decisiones.

Estamos conscientes de que el reto es enorme y proponemos que una pregunta de investigación que impulse el establecimiento de PTCC podría ser: ¿cuáles son los valores e iniciativas ciudadanas que permiten encauzar y complementar esfuerzos ante el cambio climático?, en lugar de empezar por agendas aisladas y objetivos desde cero.

## **Parte II. Conceptos en materia de detección y atribución**

### **1. Cambio climático, naturaleza y sociedad**

El clima cambia de manera constante y su impacto se refleja en forma positiva o negativa en la naturaleza, los sectores que integran la sociedad y en las diversas culturas. Los cambios en el clima propician un grado de exposición determinado ante un amplio rango de niveles de riesgo.

El manejo adecuado de los riesgos involucra a múltiples actores y es, por lo tanto, interdisciplinario. En años recientes se ha iniciado un diálogo continuo entre científicos y líderes de diversas disciplinas, involucrados en la gestión de riesgos relacionados con el clima, dando origen a enfoques transversales entre ciencias naturales y sociales (Vázquez *et al.*, 2007) gestando, así, un marco de referencia complementario entre ciencia y política, como ha sido planteado en la primera parte de este documento.

Científicos y diseñadores de políticas enfrentan retos complejos al interactuar con el fin de gestionar de forma efectiva los riesgos bajo enfoques múltiples, transversales y flexibles. Incluir las aportaciones provenientes de diversas disciplinas, sectores y capacidades es un proceso de aprendizaje que no es inmediato. Algunos ejemplos de estos retos en instituciones de México y de las interacciones asociadas a procesos multidisciplinarios o transversales pueden encontrarse en las estrategias propuestas para la adaptación al cambio climático (INE, 2008a) o en los instrumentos de transferencia de riesgo ante eventos climáticos adversos, por ejemplo, en el caso de los seguros basados en índices climáticos (Hellmut *et al.*, 2009); un caso de particular interés en nuestro país ha sido el desarrollo de planes estatales de acción ante el cambio climático (INE, 2009).

La gestión de riesgos de origen natural y de construcción social requieren de enfoques holísticos y transversales con el fin de lograr el manejo sostenible de los recursos naturales, la prevención y la construcción de *resiliencia* económica y social. Esto incluye los ámbitos tanto del tiempo como del clima.

## 2. Tiempo y clima

El estado del tiempo (tiempo meteorológico, temperie o simplemente *tiempo*) se refiere a una situación instantánea de la atmósfera, o bien, al estado atmosférico y los procesos relacionados, en un intervalo relativamente corto, desde algunos minutos hasta varios días (para una explicación concisa sobre el uso del término *tiempo* en Meteorología, ver Garduño, 1994).

Por otra parte, el clima se refiere a las condiciones observadas en periodos lo suficientemente largos para determinar el comportamiento estadístico del estado del tiempo (incluyendo desde meses hasta milenios).

Así, puede hablarse en términos del tiempo (meteorológico) de un día caluroso o de una noche fría y en cuestión del clima de un mes o de una estación con temperatura mayor que el promedio histórico, o de un mes o una estación lluviosa o seca respecto a lo normal. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) sugiere utilizar lapsos de 30 años en la determinación de periodos de referencia del clima. Así, las denominadas normales climatológicas se basan en el clima promedio observado durante 30 años. En particular, el periodo entre 1961 y 1990 ha sido utilizado de forma amplia como referencia del clima reciente.

Las ramas de las ciencias atmosféricas encargadas del estudio del tiempo y del clima, respectivamente, son la Meteorología y la Climatología. Un ejemplo muy diseminado para clarificar estos conceptos es la analogía entre el tiempo y el clima con el comportamiento humano: el tiempo sería el análogo del estado de ánimo en un momento en particular, mientras que el clima sería el símil de la personalidad.

Habiendo hecho las precisiones anteriores, es claro que la información del clima tiene implícita, pero con menor detalle, la información del estado del tiempo y, por ende, el cambio del clima o cambio climático implica, también, modificaciones en el estado del tiempo. Sin embargo, hasta ahora sólo es posible predecir el estado del tiempo con gran detalle y alta confiabilidad en plazos de unos cuantos días.

En plazos mayores, es posible elaborar predicciones de las condiciones medias esperadas, como en el caso de los pronósticos del clima que ofrecen información sobre las condiciones probables en plazos de meses o estaciones; en el de periodos todavía más largos (como sucede con las proyecciones del cambio climático), por el momento sólo se pueden generar escenarios de cómo sería el clima dadas ciertas condiciones en el futuro lejano, incluyendo el estado futuro de la concentración de gases de efecto invernadero y otros factores (IPCC, 2000; INE, 2008a).

Lo anterior, en cuanto al conocimiento de los estados probables del clima en el futuro. En referencia al clima del pasado y presente, las observaciones hechas con instrumentos de medición y sometidas a riguroso procesamiento científico (Brohan *et al.*, 2006), así como los registros paleoclimatológicos obtenidos de los anillos de los árboles, los núcleos de hielo y los corales, han permitido a la ciencia reconstruir la historia del clima en el último milenio (ver Jones *et al.*, 2001). Al hablar de clima pasado, presente y futuro resulta conveniente considerar ciertas precisiones sobre el cambio climático.

### 3. Definiciones de cambio climático

Existen básicamente dos (IPCC, 2007), por un lado, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) 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 periodos de tiempo (*sic*) comparables, en forma adicional a la variabilidad climática natural...".

Por otra parte, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) lo define como "...cualquier cambio climático producido durante el transcurso del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana...".

En términos de la investigación sobre detección y atribución del cambio climático, la definición utilizada concuerda con la propuesta por la CMNUCC (Zwiers, 2009).

### 4. Cambio climático: detección vs. atribución

El sistema climático cambia a través del tiempo en función de su dinámica interna y de la presencia de forzamientos externos. La primera está determinada por la interacción de sus componentes (atmósfera, hidrósfera, criósfera, etc.), mientras que

los forzamientos externos pueden ser de origen natural (cambios en la actividad solar o volcánica) o humano (aumento de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, cambios en el uso del suelo, por ejemplo).

En ausencia de forzamientos externos, los cambios del sistema climático están controlados sólo por la dinámica interna del sistema. Algunos cambios del clima están modulados o se deben a la presencia periódica de sistemas de interacción océano-atmósfera, como *El Niño-Oscilación del Sur* (ENSO), o bien, a la ocurrencia de oscilaciones en escalas de décadas, como la *Decadal del Pacífico* (PDO) y la *Multi-decadal del Atlántico* (AMO). Las variaciones del clima causadas por estos tres sistemas son parte de la variabilidad natural del clima (ver Vázquez-Aguirre, 2007).

La *detección* del cambio climático consiste en demostrar que el clima ha cambiado, con algún nivel de significancia estadística, en un intervalo específico (Brunet *et al.*, 2001; IDAG, 2005; IPCC, 2007). En la detección del cambio climático sólo se demuestra que existe evidencia de cambios en el clima, pero no se da explicación alguna sobre su origen. La *atribución* del cambio climático, por otra parte, consiste en establecer, con un nivel de confianza dado, las causas más probables que originan un cambio detectado en el clima (IDAG, 2005). El cambio climático reciente en el planeta se ha detectado en el aumento de la temperatura global.

En su cuarto reporte de evaluación, el IPCC (2007) concluyó que "...el calentamiento del sistema climático es inequívoco...", refiriéndose al aumento de temperatura observado en la segunda mitad del último siglo (Trenberth *et al.*, 2007). Los estudios de atribución (Hegerl *et al.*, 2007) han demostrado que existe una clara influencia humana en el fenómeno y que el aumento de temperatura observado en el planeta es debido, en gran medida, al incremento en la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero por las emisiones antropogénicas. Para llegar a esta conclusión, la comunidad científica utilizó complejos modelos del sistema climático, los cuales reproducen el clima considerando sólo los forzamientos naturales, o bien, éstos más los de origen humano. Entonces, al comparar el clima modelado con las observaciones se encuentra evidencia de que el cambio del clima observado recientemente sólo puede explicarse al incluir los forzamientos antropogénicos.

La evidencia del calentamiento global —y del cambio climático asociado— se observa en atmósfera, océanos, continentes, la cubierta de hielo y nieve y en indicadores biológicos (IPCC, 2007). No obstante, la mayor evidencia se ha documentado a partir de los datos instrumentales del clima.

## 5. Datos instrumentales del clima

El clima cambia en un amplio rango de escalas en espacio y tiempo; el calentamiento global se refiere al aumento de temperatura en la escala planetaria. Por lo tanto, para analizar la temperatura global, se requiere contar con datos de temperatura representativos de todo el planeta, de manera que resultaría imposible detectar cambios en el clima global si sólo se tuvieran observaciones en un punto de la Tierra (como la ciudad de México) o en regiones aisladas (por ejemplo sólo en algunos países de Europa).

De manera adicional, la detección del calentamiento global sólo es posible de efectuarse en áreas geográficas muy extensas (hemisféricas o continentales), de modo que los efectos locales del clima no interfieran en la señal de gran escala. La construcción de series climáticas hemisféricas o globales representa una tarea científica compleja, así como el manejo adecuado de las incertidumbres asociadas a la creación de series regionales (Jones y Briffa, 1992; Jones *et al.*, 1997; Jones y Moberg, 2003).

De forma similar, el desarrollo de datos observacionales en arreglos regulares mediante el uso de interpolaciones requiere de un minucioso proceso de control de calidad y de una estricta evaluación antes de que dichas estimaciones puedan ser utilizadas en aplicaciones particulares (New *et al.*, 2000; Haylock *et al.*, 2008).

En el caso de la República Mexicana, varias bases de datos de mediciones instrumentales del clima están disponibles, aunque con la desventaja de que en la mayoría de ellas no se ha aplicado un proceso de control de calidad y evaluación de homogeneidad espacio-temporal. La de carácter oficial en México está bajo el resguardo del Servicio Meteorológico Nacional en el sistema Clima Computarizado (CLICOM), el cual contiene la información registrada en la red de estaciones climatológicas convencionales y es la fuente de datos climáticos con mayor periodo de registro y cobertura geográfica que se tiene en el país para estudios del clima regional.

Es importante mencionar que en México existen otras redes de observación de variables atmosféricas e hidrológicas con sus correspondientes bases de datos, como es el caso de los observatorios sinópticos, radiosondeo, satélite y radar, entre otras.

Sin embargo, la mayoría de estas observaciones se realizan con fines meteorológicos o para la toma de decisiones en el corto plazo y tienen un periodo de registro relativamente corto, o bien, su cobertura geográfica es de baja resolución, por lo que no son del todo adecuadas para el estudio detallado del clima.

El desarrollo de bases de datos climáticas de calidad en México es un requerimiento urgente que implica, entre otros aspectos, la aplicación de procedimientos de control de calidad y análisis de homogeneidad por especialistas del clima, así como el uso o implementación de metadatos (Vázquez-Aguirre, 2006).

### **Control de calidad**

En una serie de observaciones del clima pueden faltar datos, es decir, es posible que existan fechas en las que, por alguna razón, las observaciones no fueron realizadas. Un dato que falta es información perdida y aunque con frecuencia se hacen estimaciones para reemplazar los faltantes, es importante tener en cuenta que un dato estimado es uno que nunca sucedió.

Además de las mediciones faltantes, los datos pueden contener valores sospechosos que no cumplan con el comportamiento habitual de la variable observada. En ocasiones, es posible que los valores sospechosos se deban a errores inherentes tanto al proceso de medición o a la digitación de los datos como a los sistemáticos por problemas eventuales con los instrumentos de medición (por ejemplo, recalibración, reemplazo de los instrumentos o cambio de localización geográfica de la estación de medición). Sin embargo, no todos son errores necesariamente, algunos de ellos pueden ser registros verídicos de la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos. Así, el proceso de control de calidad lleva a las siguientes preguntas: ¿los datos sospechosos son registros de eventos que sucedieron en realidad, como los descensos de temperatura muy fuertes o de valores altísimos de precipitación?, ¿los datos sospechosos pueden ser eliminados, reemplazados o deben dejarse tal como están?, ¿qué impacto tiene en los análisis utilizar la

base de datos tal cual sin realizar el proceso de control de calidad?, ¿es la precisión requerida en el control de calidad dependiente del uso que se vaya a dar a los datos? Todas estas consideraciones se vuelven delicadas, en especial cuando las investigaciones en las que se utilizarán los datos tienen por objetivo detectar tendencias o cambio climático.

En el control de calidad de información climatológica se ha documentado de manera amplia el uso de algunos criterios estadísticos, así como la necesidad de incorporar el conocimiento de expertos del clima local o regional para definir si un valor sospechoso es factible de haber ocurrido o no. Otras consideraciones recomendables para el control de calidad son:

- Verificar los errores lógicos (que la temperatura máxima no sea menor que la mínima, que no existan valores de lluvia menores a cero).
- Comprobar la base de datos vs. los registros originales en papel o en el registro del instrumento.
- Marcar los valores que exceden un límite predeterminado como valores sospechosos y verificarlos (es común la práctica de utilizar el límite de  $\pm 4$  desviaciones estándar para el caso de la temperatura).
- Realizar una cuidadosa inspección visual de las gráficas de la serie de tiempo.
- Recurrir, en el caso de valores extremos, a fuentes de información alternas para ver si existe evidencia física que justifique los datos (paso de frentes, impacto de ciclones tropicales o situaciones meteorológicas sinópticas específicas).
- Cotejar los valores sospechosos de una fecha en particular con las observaciones de la misma estación de medición en fechas adyacentes.
- Comparar las observaciones de una estación en particular con las de otras estaciones cercanas en la misma fecha.
- Consultar información contextual sobre aspectos conocidos de la variabilidad climática regional, como anomalías e impactos de *El Niño*.

### Análisis de homogeneidad

La homogeneidad de los datos climáticos de cada serie de tiempo incide de forma directa en la posibilidad o no de calcular tendencias. Este aspecto es de especial relevancia al realizar estudios de detección de cambios en el clima (Alexanderson and Moberg, 1997). Varias pruebas han sido desarrolladas hasta la fecha y la OMM ha publicado guías para realizar estudios de homogeneidad de los datos climáticos (Aguilar *et al.*, 2003; Brunet *et al.*, 2008).

Hasta ahora, la mayoría de los análisis de homogeneidad se realizan en la escala mensual (Peterson *et al.*, 1998) y sólo algunos estudios han sido desarrollados en la escala diaria (Vincent *et al.*, 2002).

Las pruebas de homogeneidad que hay para los datos climáticos y su facilidad de implementación son más de una, aunque una utilizada de manera extensiva en la comunidad es la del modelo de regresión en dos fases (Wang, 2003), la cual se encuentra disponible mediante el *software* RHTest.

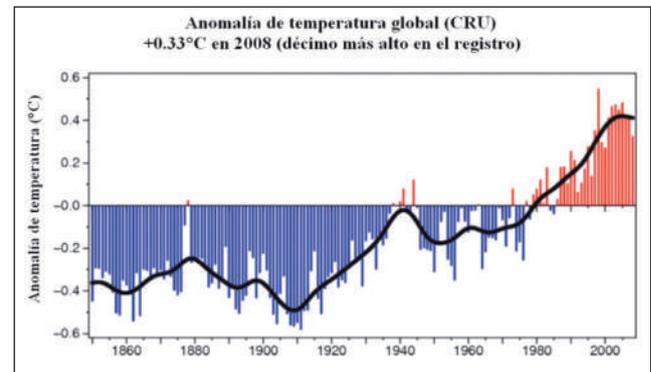
Las pruebas para demostrar que una serie de tiempo de una variable climática es razonablemente homogénea tienen por objetivo garantizar que las variaciones del clima contenidas en las observaciones correspondan sólo a los procesos climáticos y no a otros factores; por ejemplo, algunos de los que pueden provocar que una serie climática no sea homogénea son los cambios en la ubicación geográfica de la estación de medición, la renovación o cambio de instrumentos, el reemplazo de una estación antigua por una nueva o automática, cambios en el ambiente o la altitud donde se realizan las mediciones, etcétera. La homogeneización de los datos climáticos es una tarea especializada y es recomendable que sean los expertos en homogeneidad quienes la realicen, en todo caso, asistidos por expertos climatólogos de la región a analizar.

### Metadatos

Éstos proveen *información sobre la información* o *datos sobre los datos*. En ellos se describen, entre otros, el tipo de instrumentos, las condiciones de medición y cualquier cambio que ocurra en el entorno, la ubicación u otros aspectos relacionados con los datos observados ya sean de origen humano o instrumental (Aguilar *et al.*, 2003). Los metadatos son muy importantes al evaluar si una serie de datos climáticos es adecuada (Peterson y Owen, 2005).

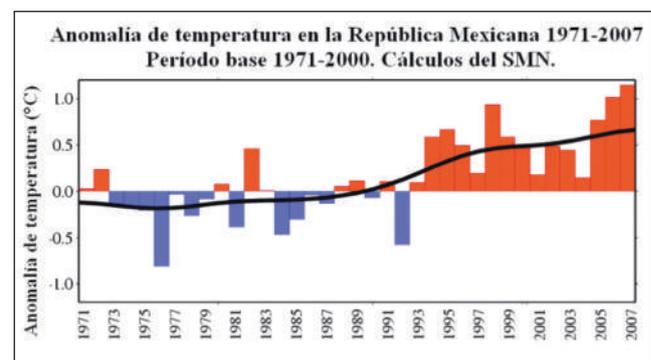
Las figuras 4 y 5 muestran la evolución temporal del registro de temperatura global (1850-2008) y de los datos instrumentales de temperatura en la República Mexicana (1970-2007). A pesar de que han sido obtenidos con diferentes métodos, en ambos es posible observar un claro aumento en años recientes, consistente con el calentamiento del sistema climático.

**Figura 4**  
**Anomalia de temperatura global (1850-2008) respecto a la media 1961-1990**



Fuente: Climatic Research Unit, Universidad de East Anglia.

**Figura 5**  
**Anomalia de temperatura en la República Mexicana (1971-2007) respecto a la media 1971-2000**



Fuente: Elaboración propia basada en cálculos del SMN.

### 6. Cambio climático y eventos extremos

La OMM anunció en años recientes que, como consecuencia del cambio climático, la frecuencia de eventos meteorológicos extremos se encuentra en aumento (WMO, 2003). Lo anterior ha sido demostrado para la región de Norteamérica (Peterson *et al.*, 2008), para el planeta en su conjunto (Trenberth *et al.*, 2007) y para algunas regiones de México (Vázquez *et al.*, 2008).

Los cambios en los eventos extremos son, quizá, uno de los mayores impactos en el clima asociados al calentamiento global, el cual afectará en diversas formas a regiones y localidad específicas. Si bien en la actualidad se tienen escenarios sobre los impactos probables del cambio climático, debe considerarse que el calentamiento global no implica calentamiento siempre ni en absolutamente todos los rincones del globo sino, más bien, alteraciones en la dinámica del sistema climático, las que ocurrirán en la forma de cambios en el ciclo hidrológico y en los mecanismos para mantener el balance energético del planeta, como en el caso del cambio en los eventos extremos.

No obstante lo anterior, en materia de atribución, hasta ahora es virtualmente imposible determinar si una tormenta dada en una región específica ocurrió debido al aumento de los gases de invernadero. La atribución del calentamiento global es clara en la escala planetaria, pero permanece como un tema de frontera en la regional. Lo anterior obedece a dos razones: a) los extremos son ocasionados por una extensa combinación de factores y b) una amplia gama de extremos ocurre de forma normal, inclusive en un clima invariable.

La detección de los cambios en los extremos y el monitoreo de éstos, sin embargo, es un área bien desarrollada. Detectar cambios en los extremos climáticos requiere la utilización de datos diarios. El Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en inglés)—formado por la OMM, el Proyecto de Variabilidad Climática (CLIVAR, por sus siglas en inglés) y la Comisión Conjunta de Oceanografía y Meteorología Marítima (JCOMM, por sus siglas en inglés)— ha propuesto un conjunto de índices de cambio climático para la detección y el monitoreo de los cambios en los extremos (Peterson, 2005). Bajo este enfoque, los índices son calculados para cada punto de observación y después son agregados en series regionales.

Los índices del ETCCDI proveen una base teórica común en la escala global; así, pueden ser calculados de forma consistente en todos los países, siguiendo el modelo de los talleres de detección e índices de cambio climático del ETCCDI (Peterson y Manton, 2008).

En el caso de la República Mexicana, en fechas recientes la Embajada Británica en el país ha financiado la construcción de capacidades en detección e índices de cambio climático a través de un proyecto propuesto por el INE e implementado por la UIAP.

Mediante la ejecución de dos talleres de cambio climático, el INE y la UIAP han sembrado en múltiples instituciones de México una semilla para el desarrollo y consolidación de nuevos grupos transversales entre técnicos, intermediarios y usuarios de información del cambio climático con el fin de utilizar el monitoreo de los cambios en los eventos extremos para informar la toma de decisiones y el diseño de políticas orientados a una economía sustentable de bajo carbono.

## 7. Epílogo

En la actualidad, el género humano enfrenta el reto de evitar llegar a niveles peligrosos de cambio climático y de construir la capacidad adaptativa necesaria ante los cambios inevitables, o bien, de acuerdo con el planteamiento de Lenton *et al.* (2008), nos encontramos ante la necesidad urgente de mejorar nuestro entendimiento de las implicaciones del cambio climático en forma tal que podamos evitar lo inmanejable y manejar lo inevitable. ■

## Referencias

- Castañares, E. J. (2009). *Sistemas complejos y gestión ambiental: el caso del corredor mesoamericano México*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Conocimientos Núm. 6. México, DF.
- Castañares, E. J. (2008). *Análisis de los corredores biológicos como sistemas complejos para establecer su integración táctica y operativa*. Informe interno Corredor Biológico Mesoamericano México. México, DF.
- Laurelli, E., P. Pirez y E. J. Castañares (1990). Incorporación de la dimensión ambiental en una administración sectorializada, en: E. Leff y J. Carabias (Coords.) *Medio ambiente y desarrollo en México*, Vol. II. México, DF, Ed. CIICH-UNAM/ Miguel Ángel Porrúa.
- Leff, E. (1986). *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. México DF, Ed. Siglo XXI.
- Ortiz-Espejel, B. A. Olvera, R. Montes Barreto, R. Vázquez, M. A. Espinoza, G. Vargas, E. Juárez y G. López. *Transversalidad y definición de capacidades y competencias institucionales para la prevención del cambio climático en Puebla*. Puebla, Pue., Secretaría de Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Puebla.
- Ortiz-Espejel, B y G. Duval (2008). *Sistemas complejos, medio ambiente y desarrollo*. Puebla, Pue., Universidad Iberoamericana Puebla, Colegio de Posgraduados, Puebla y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla.
- Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, and J. Wieringa (2003). *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*. WCDMP-No. 53, WMO-TD No. 1186, 55 pp. Geneva, World Meteorological Organization.
- Alexanderson, H. and A. Moberg (1997). Homogenization of Swedish Temperature data: Part 1: Homogeneity test for linear trends, *Int. Journal of Clim.* 17, 25-34.
- Brohan, P., J. J. Kennedy, I. Harris, S. F. B. Tett y 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.
- Brunet-India, M. and D. López Bonillo (Eds.) (2001). *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. Berlin-Heidelberg-New York, Springer, 650 pp.
- Brunet, M., O. Saladié, P. Jones, J. Sigró, E. Aguilar, A. Moberg, D. Lister, A. Walther and C. Almarza (2008). *A case study/guidance on the development of long-term daily adjusted temperature datasets*. World Climate Data and Monitoring Programme (WCDMP) Series No. 66. Geneva, World Meteorological Organization.
- Garduño, R. (1994). *El veleidoso clima*. Colección La ciencia para todos. México, DF, Fondo de Cultura Económica. Enero del 2010, <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/>
- ciencia/ Haylock, M. R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New (2008). A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201
- Hellmuth M. E., D. E. Osgood, U. Hess, A. Moorhead y H. Bhojwani (Eds.) (2009). Seguros en base a índices climáticos y riesgo climático: perspectivas para el desarrollo y la gestión de desastres. *Clima y Sociedad*. Núm. 2. Nueva York, Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad (IRI), The Earth Institute at Columbia University.
- 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. *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 and New York, Cambridge University Press.
- The International Ad Hoc Detection and Attribution Group (IDAG) (2005). Detecting and attributing external influences on the climate system. A review of recent advances. *J. Climate*. 18, 1 291-1 314.
- INE (2008a). *Generación de escenarios de cambio climático a escala regional, al 2030 y 2050; evaluación de la vulnerabilidad y opciones de adaptación de los asentamientos humanos, la biodiversidad y los sectores ganadero, forestal y pesquero, ante los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos; y fomento de capacidades y asistencia técnica a especialistas estatales que elaborarán programas estatales de cambio climático*. Estudio coordinado por C. Gay y C. Conde, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM para el INE.
- INE (2009). *Guía para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)*. México, 91 p.
- IPCC (2000). *Special Report on Emissions Scenarios (SRES)*. Nakicenovic, N. and R. Swart (Eds.). UK, Cambridge University Press, pp. 570.
- (2007). Summary for Policymakers. *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, Zhenhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (Eds.)]. Cambridge, and New York, Cambridge University Press.
- 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*, 10:2 548-2 568.

- Jones, P. D., T. J. Osborn and K. R. Briffa (2001). The evolution of climate over the last millenium. *Science*, 27, Vol. 292, No. 5 517, 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.
- Lenton, T. H., H. Held, E. Kriegler, J. W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstor and J. Schellhuber (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS*, 105(6): 1 786-1 793.
- New, M. G., M. Hulme and P. D. Jones (2000). Representing twentieth-century spacetime climate variability. Part II: development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate. *J. Climate*, 13, 2 217-2 238.
- Peterson, T. C. and T. W. Owen (2005). Urban heat island assessment: metadata are important. *Journal of Climate*, 18, 2 637-2 646.
- Peterson, T. C., D. R. Easterling, T. R. Karl, P. Groisman, N. Nicholls, N. Plummer, S. Torok, I. Auer, R. Bohm, D. Gullett, L. Vincent, R. Heino, H. Tuomenvirta, O. Mestre, T. Szentimrey, J. Salinger, E. J. Folland, I. Hanssen-Bauer, H. Alexandersson, P. Jones and D. Parker (1998). Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *Int. J. Climatology*, 18, 1 493-1 517.
- Peterson, T. C. (2005). Climate change indices. *WMO Bulletin*, 54 (2), 83-86.
- Peterson, T. C., X. Zhang, M. Brunet-India and J. L. Vazquez-Aguirre (2008). Changes in North American extremes derived from daily weather data. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2007JD009453.
- Peterson, T. C. and M. J. Manton (2008). Monitoring changes in climate extremes: a tale of international collaboration. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 89, 1 266-1 271.
- 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. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC [Solomon y colaboradores (Eds.)]. Cambridge and New York, Cambridge University Press.
- Vázquez-Aguirre, J. L. (2006). *Datos climáticos de la República Mexicana: panorama actual y requerimientos inmediatos*. Memorias del primer Foro del Medio Ambiente Atmosférico en el estado de Veracruz, 14 p.
- Vázquez-Aguirre, J. L. (2007). *Variabilidad de la precipitación en la República Mexicana*. Tesis de Maestría en Física de la Atmósfera. México, UNAM.
- Vázquez, J. L., M. F. Cabré, M. Hurtado, A. Brenes and A. Bonilla (2007). CRN student's views of the challenges and opportunities of IAI Science. *IAI Newsletter*, 1-2007, p. 20.
- Vázquez-Aguirre, J. L., M. Brunet y P. D. Jones (2008). Variabilidad natural y detección instrumental del cambio climático. *Estudios para un programa veracruzano ante el cambio climático*. Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología y Embajada Británica en México. Cap. 3. Modelación climática y evidencias estadísticas.
- Vincent, L. A., X. Zhang, B. R. Bonsal and W. D. Hogg (2002). Homogenization of daily temperatures over Canada. *J. Climate*, 15, 1 322-1 334.
- Wang, X. L. (2003). Comments on Detection of undocumented changepoints: A revision of the two-phase regression model. *J. Climate*, 16, 3 383-3 385.
- World Meteorological Organization (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.