


# México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad



Xóchitl Cruz Núñez  
Gian Carlo Delgado Ramos  
Úrsula Oswald Spring  
coordinadores

Universidad Nacional Autónoma de México  
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades  
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias  
Programa de Investigación en Cambio Climático

# MÉXICO ANTE LA URGENCIA CLIMÁTICA: CIENCIA, POLÍTICA Y SOCIEDAD

XÓCHITL CRUZ NÚÑEZ,  
GIAN CARLO DELGADO RAMOS  
ÚRSULA OSWALD SPRING  
(COORDINADORES)

Biblioteca  
Francisco  
López  
Cámara



Universidad Nacional Autónoma de México

---

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades  
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias  
Programa de Investigación en Cambio Climático  
México, 2015

Sys 1798551

QL903.2  
M6 M49

México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad / Xóchitl Cruz Núñez, Gian Carlo Delgado Ramos, Úrsula Oswald Spring (coordinadores). – Primera edición. 350 páginas. – (Colección alternativas)

ISBN 978-607-02-7096-3

1. Cambios climáticos – México. 2. Cambios climáticos – Aspectos económicos – México. 3. Cambios climáticos – Aspectos de la salud – México. I. Cruz Núñez, Xóchitl, editor. II. Delgado, Gian Carlo, 1978- , editor. III. Oswald, Úrsula, 1946- , editor. IV. Título. V. Serie. QC903.2.M6.M49 2015  
LIBRUNAM 1778551

Primera edición, 2015

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México  
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias  
en Ciencias y Humanidades  
Torre II de Humanidades 4º piso  
Circuito Escolar, Ciudad Universitaria  
Coyoacán, 04510, México, D. F.  
[www.ceiich.unam.mx](http://www.ceiich.unam.mx)

© Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias  
Av. Universidad s/n, Circuito 2  
Col. Chimalpa, 62210, Cuernavaca, Morelos  
[www.crim.unam.mx](http://www.crim.unam.mx)

© Programa de Investigación en Cambio Climático  
Circuito de la Investigación Científica,  
Ciudad Universitaria,  
Costado E y D de la Facultad de Química  
Edificio de Programas Universitarios  
[www.pincc.unam.mx](http://www.pincc.unam.mx)

Cuidado de la edición: Concepción Alida Casale Núñez  
Diseño de portada: Amanali Cornejo Vázquez

ISBN 978-607-02-7096-3

Impreso y hecho en México

## CONTENIDO

Prólogo .....	11
<i>Ramón Pichs Madruga</i>	

### PARTE I

#### VISIÓN DESDE EL PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO: IMPACTOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS

Apuntes introductorios .....	25
<i>Úrsula Oswald Spring, Gian Carlo Delgado Ramos y Xóchitl Cruz Nuñez</i>	

El Buró del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) frente al Quinto Informe Evaluativo: retos y logros. Aportaciones de México .....	39
<i>Antonina Ivanova Boncheva</i>	

Lecciones para México del Quinto Reporte del IPCC y forzadores naturales del cambio climático (radiación solar y volcanismo) .....	57
<i>Blanca Mendoza y Juan Manuel Espíndola</i>	

Mitigación y el cumplimiento de los compromisos de México en materia de cambio climático .....	71
<i>Xóchitl Cruz Nuñez</i>	

Apuntes acerca del lugar del conocimiento económico en los análisis del IPCC .....	89
<i>Ángel de la Vega Navarro</i>	

## PARTE II

## CAMBIO CLIMÁTICO, RIESGOS, IMPACTOS Y RESPUESTAS

Migración ambiental: ¿una adaptación ante el cambio climático? .....	113
<i>Úrsula Oswald Spring</i>	
La gestión del riesgo de inundaciones y los desafíos de la adaptación urbana al cambio climático: discursos y respuestas institucionales .....	139
<i>Fernando Aragón Durand</i>	
Construyendo capacidad de respuesta urbana a la variabilidad y el cambio climático .....	163
<i>Patricia Romero-Lankao, Natalia Brutto, Manyu Chang, Jorgelina Hardoy, Rafael D'Almeida Martins, Kerstin Krellenberg</i>	
Cambio climático y urbanización: metabolismo y ecología política urbana en la construcción de ciudades resilientes.....	191
<i>Gian Carlo Delgado Ramos</i>	

## PARTE III

## CAMBIO CLIMÁTICO, RECURSOS Y SALUD

Cambio climático en México: impactos esperados en la disponibilidad del agua.....	219
<i>Agustín Robles Morua y Jaime Garatuza Payan</i>	
Impacto de la variabilidad climática en la disponibilidad de agua para producción agrícola en México .....	243
<i>Ignacio Sánchez Cohen, Gerardo Esquivel Arriaga, Miguel Velásquez Valle, Gabriel Díaz Padilla y Mariela Núñez Lares</i>	
Residuos sólidos municipales, 'minería urbana' y cambio climático .....	273
<i>Gian Carlo Delgado Ramos</i>	

El cambio climático: impactos, respuestas, avances y retos en México . . . . .	293
<i>Ana Rosa Moreno</i>	
México ante el reto del cambio climático: una transición a la sustentabilidad con equidad y desarrollo . . . . .	319
<i>Úrsula Oswald Spring</i>	
Semblanzas . . . . .	339

## PRÓLOGO

---

Ramón Pichs Madruga\*

La mayor parte de los debates actuales acerca del cambio climático, sus causas, impactos observados y futuros, capacidades de respuesta y estrategias para su enfrentamiento (adaptación y mitigación), está conectada de una forma u otra con los resultados de la ciencia en estos campos. Las evaluaciones integradas sobre estos temas, llevadas a cabo desde 1988, por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), sintetizan buena parte de esos aportes científicos, a partir de la laboriosa contribución de miles de especialistas de las distintas latitudes.

### LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO:<sup>1</sup> NUEVAS EVIDENCIAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL IPCC

Las más recientes evidencias científicas acerca del cambio climático aparecen compiladas en el *Quinto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2014*, que integra las contribuciones de los tres grupos principales de trabajo de esta institución de Naciones Unidas, creada en 1988. El Grupo I aporta las *bases científicas del cambio climático* desde la perspectiva de las ciencias naturales; el Grupo II evalúa los *impactos, la vulnerabilidad y la adaptación* ante el cambio climático; y el Grupo

---

\* Director del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM), La Habana, Cuba.

<sup>1</sup> El análisis acerca de las evidencias científicas, que se presenta en este apartado, se basa en los *Resúmenes para Responsables de Políticas* de los tres Grupos de Trabajo principales del IPCC y del *Informe de Síntesis*, aprobados por los gobiernos miembros de esa institución de Naciones Unidas en 2013-2014. Las contribuciones de los grupos de trabajo incluyen, además, un resumen técnico, y un documento base, que contiene los detalles de la evaluación integral llevada a cabo en cada caso. Para más detalles ver el sitio WEB del IPCC: <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>.

III se refiere a la *mitigación*. El ciclo de cada informe de evaluación se cierra con un Informe de Síntesis, que articula resultados básicos de los tres grupos.

El IPCC no hace sugerencias ni prescripciones a los gobiernos u otros actores acerca del cambio climático y las estrategias de respuesta a seguir, pero tiene el mandato de aportar resultados científicos rigurosos y relevantes para la toma de decisiones políticas. El Quinto Informe de Evaluación se basa en la revisión y sistematización de la bibliografía especializada y publicada desde el Cuarto Informe de Evaluación (2007). En su preparación han participado de forma voluntaria miles de científicos en calidad de autores, colaboradores, editores y revisores.

Siguiendo la práctica de similares procesos anteriores, este Informe constituye un documento de referencia para las negociaciones políticas multilaterales, a instancias de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el ajuste al Protocolo de Kioto o un convenio Post-Kioto.

El paso redoblado de la ciencia en la identificación de nuevas y mayores evidencias acerca de las causas del cambio climático, sus impactos observados y previsible y las opciones de respuesta climática (ej. adaptación y mitigación) contrasta con la lentitud y fragmentación de las negociaciones multilaterales sobre este tema. Este accidentado proceso negociador no puede sustraerse del contexto socioeconómico y político global actual, marcado por la persistencia de inequidades, asimetrías y brechas de desarrollo.

### Bases científicas del cambio climático

Las nuevas evidencias confirman que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, ratificando lo que ya se había concluido en el Cuarto Informe del IPCC (2007). Además, sobre este tema, el Grupo de Trabajo I<sup>2</sup> del IPCC destaca que la atmósfera y el océano se han calentado, las capas de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) se han incrementado. También se concluye que cada una de las tres últimas décadas ha sido sucesivamente más calurosa que cualquiera de las precedentes, desde 1850; y que el periodo 1983-2012 ha sido, probablemente, el periodo de 30 años más caluroso en los últimos 1,400 años.

<sup>2</sup> SPM WG I-IPCC (2014). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), *Climate Change 2014: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>.



Dos indicadores clave de la evolución del clima son la temperatura y el nivel del mar. Según el IPCC, la temperatura del aire sobre la superficie terrestre y oceánica, como promedio global, experimentó un calentamiento de  $0.85^{\circ}\text{C}$  durante el periodo 1880-2012; y el incremento entre el promedio de los periodos 1850-1900 y 2003-2012 fue de  $0.78^{\circ}\text{C}$ . De acuerdo con esta misma fuente, durante el periodo 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0.19 metros; y es *muy probable* que la tasa media de elevación del nivel del mar haya sido de 1.7 mm/año, entre 1901 y 2010; de 2.0 mm/año, entre 1971 y 2010; y de 3.2 mm/año, entre 1993 y 2010.

La ciencia subraya que la influencia humana en el sistema climático es cada vez más clara, pues no basta con el efecto de los factores naturales para explicar el calentamiento registrado; y, en este sentido, resulta sumamente probable (95-100%) que la influencia humana haya sido la causa predominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX, lo cual ha quedado comprobado en las distintas regiones continentales excepto la Antártida. Se ha detectado la influencia humana en el calentamiento de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de nieve y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en cambios en algunos fenómenos climáticos extremos.

El IPCC señala que durante el periodo de 1951 a 2010, los gases de efecto invernadero han contribuido al calentamiento medio global en la superficie en un rango de  $0.5^{\circ}\text{C}$  a  $1.3^{\circ}\text{C}$ , mientras que la contribución de los forzamientos naturales se sitúa en un rango de  $-0.1^{\circ}\text{C}$  a  $0.1^{\circ}\text{C}$ ; y existe un nivel de confianza alto en cuanto a que los cambios en la irradiación solar total no han contribuido al aumento en la temperatura media global en superficie en el periodo que va de 1986 a 2008, al tenor de lo que indican las mediciones satelitales directas de la irradiación solar total.

También se concluye que la contribución antropogénica a la elevación media global del nivel del mar ha sido significativa desde la década de 1970, lo cual se sustenta (con un nivel de confianza alto) en la contribución de la expansión térmica del océano y la pérdida de masa de los glaciares.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero han mostrado un notable incremento desde la Revolución Industrial en Inglaterra (1750), que marcó el inicio de la era industrial. A partir de esa fecha, los combustibles fósiles han tenido una presencia predominante en el sector energético mundial. Hoy día estos combustibles (petróleo, carbón mineral y gas natural) aportan cerca de 90% del balance de energía comercial mundial.

La reciente evaluación del IPCC destaca que las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, metano y óxido nitroso se han incrementado hasta alcanzar niveles sin precedentes en al menos los últimos 800 mil años; y en el caso de las concentraciones de CO<sub>2</sub>, se han incrementado en 40% desde 1750, principalmente por las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y también por los cambios en el uso de la tierra. El océano ha absorbido alrededor de 30% del CO<sub>2</sub> de origen antropogénico emitido, lo que ha contribuido a su acidificación. En este contexto, resulta evidente que el enfrentamiento al cambio climático requerirá reducciones de GEI que sean sustanciales y sostenidas.

### Impactos, vulnerabilidad y adaptación

La ciencia climática, evaluada por el Grupo de Trabajo II<sup>3</sup> del IPCC, apunta que en las décadas recientes, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y en los océanos; y aclara —con un nivel de confianza muy alto— que las diferencias en cuanto a vulnerabilidad y exposición están condicionadas por factores no climáticos y por inequidades multidimensionales que son generadas frecuentemente por procesos de desarrollo desiguales. Estas diferencias condicionan riesgos diferentes derivados del cambio climático.

De acuerdo con el IPCC, los riesgos futuros del cambio climático dependerán en gran medida de cuánto cambie el clima en las próximas décadas y siglos. Según esta fuente, si aumenta la magnitud del calentamiento, serán más probables consecuencias graves y generalizadas, que pueden ser inesperadas e irreversibles. Al referirse a los riesgos futuros, el informe de esta institución enfatiza aquellos temas que por su alcance e impactos generan mayores preocupaciones para la humanidad; y en esta dirección se señalan *Cinco razones para preocuparse*:

1. *Sistemas únicos y amenazados* (ej. hielos marinos del Ártico y sistemas de arrecifes coralinos).
2. *Eventos meteorológicos extremos* (ej. olas de calor, precipitaciones extremas e inundaciones costeras).

---

<sup>3</sup> SPM WG II-IPCC (2014). Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers*. <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>.

3. *Distribución de los impactos*: Los riesgos están desigualmente distribuidos y son generalmente mayores para las personas y comunidades menos favorecidas en países de todos los niveles de desarrollo.
4. *Impactos globales agregados*: Los daños económicos agregados se aceleran con el incremento de la temperatura.
5. *Eventos singulares a gran escala*: Con un calentamiento creciente, algunos sistemas físicos o ecosistemas pueden estar en riesgo por cambios abruptos e irreversibles.

En relación con los enfoques sectorial y regional, en el nuevo Informe del IPCC se destacan los impactos, vulnerabilidad y opciones de adaptación en diversos sectores y regiones. Se hace énfasis en las consecuencias del cambio climático en áreas claves del desarrollo sostenible como los recursos de agua dulce, ecosistemas terrestres y acuáticos, sistemas costeros y áreas bajas, sistemas marinos (acidificación de los océanos), seguridad alimentaria (acceso a alimentos, precios, etcétera), áreas urbanas, áreas rurales, sectores y servicios económicos clave, salud humana, seguridad humana (desplazamientos, conflictos, etcétera), supervivencia y pobreza. Las regiones geográficas analizadas son: África, Europa, Asia, Australasia, América del Norte, América Central y del Sur, regiones polares, islas pequeñas y el Océano.

La adaptación, como componente clave de las estrategias de respuesta, puede contribuir decisivamente a disminuir los riesgos del cambio climático. Sobre este tema y, en particular, acerca del manejo de los riesgos futuros, la ciencia climática enfatiza que la adaptación es específica para cada lugar y contexto, por lo que no hay un enfoque particular para la reducción de riesgos que resulte apropiado para todos los contextos. Se destaca, asimismo, que la deficiente adaptación, que sobredimensiona los resultados de corto plazo, o que no puede anticipar suficientemente las consecuencias puede resultar en *maladaptación*.

El IPCC se refiere, además, a la brecha existente entre las necesidades globales de la adaptación y los fondos disponibles para este fin; y destaca que existen co-beneficios, sinergias y compensaciones significativas entre mitigación y adaptación, y entre distintas respuestas de adaptación. Además, ocurren interacciones dentro y a través de las regiones. El informe más reciente de esta institución científica señala que las *trayectorias con resiliencia climática* son trayectorias de desarrollo sostenible que combinan la adaptación y la mitigación para reducir el cambio climático y sus impactos.

## Mitigación del cambio climático

El Grupo de Trabajo III<sup>4</sup> del IPCC aporta algunas conclusiones referidas al marco conceptual para la mitigación del cambio climático y, en este sentido, recuerda que la mitigación es una intervención humana para reducir las fuentes o ampliar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI); que el desarrollo sostenible y la equidad aportan una base para evaluar las políticas climáticas; y que resulta necesario considerar tanto los riesgos del cambio climático, como los asociados a las estrategias de respuesta.

Existe consenso científico acerca de que no se logrará una mitigación efectiva si los agentes individuales ponen por delante sus propios intereses; y que la cooperación internacional es por tanto requerida para mitigar efectivamente las emisiones de GEI y para considerar otros temas relativos al cambio climático. En este contexto, se destaca que la *Investigación + Desarrollo* en apoyo a la mitigación crea desprendimientos de conocimiento; y que la cooperación internacional puede jugar un rol constructivo, no sólo en el financiamiento, sino además en el desarrollo, difusión y transferencia de conocimientos y tecnologías ambientalmente idóneas.

Temas relativos a la equidad y a la justicia emergen con respecto a la mitigación y la adaptación, como estrategias de respuesta. Muchas áreas de la toma de decisiones de políticas con relación al cambio climático incorporan juicios de valor y consideraciones éticas. Según el IPCC, los resultados percibidos como equitativos pueden conducir a una cooperación más efectiva.

El IPCC también suscribe la idea de que la política climática interactúa con otros objetivos sociales, creando la posibilidad de cobeneficios o de efectos colaterales adversos y que estas interacciones, si se manejan adecuadamente, pueden fortalecer las bases para emprender acciones frente al cambio climático. Se concluye que la política climática puede ser informada por la consideración de un conjunto diverso de riesgos e incertidumbres, algunos de los cuales son difíciles de medir, en particular eventos que son de baja probabilidad pero que tendrían impactos significativos en caso de ocurrir. Se apunta además, en este sentido, que el diseño de la política climática es influido por cómo los individuos y las organizaciones perciben los riesgos e incertidumbres y los toman en cuenta.

El nuevo informe de la ciencia climática destaca el comportamiento de las emisiones de GEI durante las últimas cuatro décadas y sobre esto apunta que las

---

<sup>4</sup> SPM WG III-IPCC (2014). Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers*. <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>.

emisiones antropogénicas globales de GEI han ido en aumento desde 1970 hasta 2010, con mayores crecimientos absolutos por década hacia finales de este periodo. Se señala, además, que las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles y de procesos industriales contribuyeron en alrededor de un 78% al incremento total de las emisiones de GEI de 1970 a 2010, con una contribución similar en 2000-2010; y que el CO<sub>2</sub> sigue siendo el principal GEI antropogénico con un 76% del total en 2010, seguido por el metano (16%), el óxido nitroso (6%) y los gases fluorados (2%). Se destaca que alrededor de la mitad de las emisiones antropogénicas acumuladas de CO<sub>2</sub> entre 1750 y 2010 ocurrieron en los últimos 40 años.

Acerca del periodo más reciente, el IPCC reconoce que las emisiones antropogénicas anuales de GEI se incrementaron en 10 GtCO<sub>2</sub> equivalentes, entre 2000 y 2010; y de ese incremento 47% correspondió al sector de suministro de energía, 30% a la industria, 11% al transporte y 3% al sector residencial. También se señala que en el 2010 fueron emitidas 49 GtCO<sub>2</sub>eq y de ellas 34.6% (17 GtCO<sub>2</sub>eq) fueron liberadas en el sector de suministro de energía; pero si se consideran las emisiones indirectas, aumentan las contribuciones de los sectores residencial e industrial.

El IPCC expone que globalmente, el crecimiento económico y el de la población continúan siendo los factores impulsores más importantes de los incrementos de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la combustión de combustibles fósiles; pero se aclara que la contribución del crecimiento de la población entre 2000 y 2010 permaneció casi idéntico al de las tres décadas anteriores, en tanto la contribución del crecimiento económico aumentó de forma marcada en ese periodo.

Según la evaluación del IPCC, en ausencia de esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI más allá de los existentes en la actualidad, se esperaría un crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población global y las actividades económicas; y ese crecimiento en las temperaturas medias globales en la superficie sería de entre 3.7°C y 4.8°C para 2100, en comparación con los niveles preindustriales.

La quinta evaluación del IPCC dedicó especial atención a los escenarios de emisiones durante este siglo. Fueron analizados unos 1,200 escenarios (de ellos 900 escenarios de mitigación), elaborados por 31 equipos de modelación, que aportan importantes insumos acerca de los requerimientos económicos, tecnológicos e institucionales de las distintas trayectorias de mitigación y sus implicaciones. Esta evaluación revela que existen múltiples escenarios con un rango de opciones tecnológicas y de patrones de conducta, con diferentes características e implicaciones para el desarrollo sostenible, que son coherentes con distintos niveles de mitigación.

Los escenarios de mitigación en los cuales es *probable* que el cambio de temperatura causado por las emisiones antropogénicas de GEI pueda mantenerse por debajo de los 2°C en relación con niveles preindustriales están caracterizados por concentraciones atmosféricas de GEI en 2100 de alrededor de 450 partes por millón (ppm) de *CO<sub>2</sub> equivalente* (véase el cuadro 1).

**Cuadro 1.** Mensajes del IPCC acerca de los requerimientos para mantener el incremento de la temperatura por debajo de los 2°C

Los escenarios en los que las concentraciones atmosféricas de GEI alcanzan alrededor de 450 partes por millón (ppm) de <i>CO<sub>2</sub> equivalente</i> en 2100:
o incluyen reducciones sustanciales en las emisiones de GEI para mediados de siglo, mediante cambios a gran escala en los sistemas energéticos y potencialmente en cuanto al uso de la tierra (alta confianza).
o consideran con frecuencia un sobregiro ( <i>overshoot</i> ) temporal de las concentraciones atmosféricas, e igual sucede con muchos de los escenarios que alcanzan alrededor de 500 ppm <i>CO<sub>2</sub> equivalente</i> en 2100. Los escenarios con tales sobregiros dependen típicamente de la disponibilidad y amplia utilización de la bioenergía con captura y almacenamiento carbono ( <i>BECCS</i> ), así como de la reforestación a gran escala en la segunda mitad del siglo. La disponibilidad y escala de éstos y otros métodos y tecnologías de remoción de <i>CO<sub>2</sub></i> ( <i>carbon dioxide removal: CDR</i> ), son inciertos; y estas tecnologías y métodos están asociados con retos y riesgos.
o implicarían pérdidas en el consumo global (sin incluir los beneficios de la reducción de cambio climático ni los cobeneficios y efectos adversos de la mitigación) equivalentes a una reducción anualizada del crecimiento de dicho consumo en 0.06 puntos porcentuales a lo largo del siglo, en relación con el crecimiento anualizado del consumo en el escenario base (referencia) que es de entre 1.6% y 3%. Debe tenerse en cuenta que los estimados de los costos económicos agregados de la mitigación varían ampliamente y son altamente sensibles al diseño y supuestos de los modelos, así como a la especificación de los escenarios, incluyendo la caracterización de las tecnologías y los tiempos de la mitigación (alta confianza).
o muestran una reducción de costos para el logro de objetivos de calidad del aire y seguridad energética, con cobeneficios significativos para la salud humana, impactos en los ecosistemas y suficiencia de recursos y resiliencia del sistema energético. Estos escenarios no cuantifican otros cobeneficios o efectos colaterales adversos (confianza media).

o confirman que la demora de los esfuerzos adicionales de mitigación (más allá de aquellos existentes hoy día) hacia 2030 incrementaría sustancialmente la dificultad de la transición hacia bajas emisiones a largo plazo y estrecharía el rango de opciones coherentes con el mantenimiento del cambio de temperatura por debajo de los 2°C en relación con los niveles preindustriales (alta confianza).

o revelan que los niveles estimados globales de emisiones de GEI en 2020, basados en los compromisos de la Conferencia de Cancún, México (2010) no se corresponden con trayectorias costo–efectivas de mitigación a largo plazo orientadas a limitar el cambio de temperatura a 2°C en relación con los niveles preindustriales, aunque no se excluye la opción de alcanzar ese objetivo.

Sólo un reducido número de estudios ha explorado escenarios en los cuales es más probable que no probable que el cambio de temperatura no supere 1.5°C hacia 2100 en relación con los niveles preindustriales. Estos escenarios suponen concentraciones atmosféricas inferiores a los 430 ppm  $CO_2$  equivalente.

Fuente: Selección del autor basada en SPM WG III-IPCC (2014).

Acerca de los efectos de las políticas climáticas, la evaluación del IPCC destaca que existe un amplio rango de posibles efectos colaterales adversos, así como co-beneficios y efectos adicionales (*spillover*) derivados de las políticas climáticas que no han sido bien cuantificados. Las políticas de mitigación (y sus costos asociados) varían entre países y escenarios de mitigación, y pueden devaluar los activos de combustibles fósiles y reducir los ingresos de los exportadores de combustibles fósiles, aunque existen diferencias entre regiones y combustibles.

Sobre las trayectorias y medidas sectoriales y transectoriales de mitigación el informe del IPCC señala que para los escenarios base (de referencia), se espera que las emisiones de GEI crezcan en todos los sectores excepto el que agrupa la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

Se destaca, además, que las acciones tempranas y ambiciosas de mitigación suelen ser más efectivas; y que las estrategias bien diseñadas de mitigación sistémicas y transectoriales son más efectivas que aquellas que se concentran en tecnologías y sectores individuales.

El IPCC concluye que las mejoras en la eficiencia, junto a cambios en patrones de conducta, para reducir la demanda de energía, sin comprometer el desarrollo, son ingredientes claves de las estrategias de mitigación. Según esta fuente, los patrones de conducta, estilos de vida y la cultura tienen considerable influencia en el

uso de la energía y las emisiones asociadas, con altos potenciales de mitigación en algunos sectores, en particular cuando complementan los cambios tecnológicos y estructurales.

Además, se ofrece una evaluación de las opciones de mitigación asociadas a los distintos sectores: oferta de energía y sectores de uso final de energía (transporte, residencial, industria y agricultura, silvicultura y otros usos del suelo).

La evaluación referida a los asentamientos humanos, infraestructura y planeación espacial, aporta un enfoque transectorial acerca del comportamiento de los distintos sectores en el contexto urbano (ciudades) y en otros asentamientos de población. Es la primera ocasión en que el IPCC ofrece este tipo de análisis, de particular relevancia, sobre todo en lo relacionado con el entorno urbano.

Sobre las políticas nacionales y sectoriales de mitigación, el informe hace notar el cambio en los patrones de inversión en los escenarios de mitigación, en detrimento de los combustibles fósiles y a favor de las distintas opciones de mitigación; así como el incremento de planes nacionales y subnacionales de mitigación, y el aumento de las políticas para integrar múltiples objetivos.

Se evalúan diversos instrumentos o enfoques de política en cuanto a la mitigación: políticas sectoriales, enfoques regulatorios y medidas de información; comercio de emisiones, impuestos y reducción de subsidios a actividades que generan GEI; políticas tecnológicas como complementos de políticas de mitigación. También se analizan los impactos de estos instrumentos (ej. incremento de precios de servicios energéticos). Además, se revisa el papel de los sectores privados y público en lo referido a la mitigación del cambio climático.

Acerca de la cooperación internacional se destaca el rol de la CMNUCC como principal foro multilateral sobre cambio climático, con participación casi universal. También se revisan otros acuerdos de cooperación internacional, que varían por grado de descentralización y coordinación, así como las lecciones derivadas de la implementación del Protocolo de Kioto.

En resumen, la evaluación realizada por el IPCC abarca temas muy sensibles desde el punto de vista político, que están siendo objeto de un enconado debate en el contexto de las negociaciones políticas de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kioto.

En el presente, está en marcha un proceso negociador (lanzado en Durban, Sudáfrica, 2011) para alcanzar un acuerdo global para el enfrentamiento al cambio climático que debe consolidarse en la COP21 de París con vista a su entrada en vigor en 2020. Sin embargo, la marcha de este proceso es sumamente lenta y fragmentada, debido a la falta de voluntad política de los grandes emisores para adopción de



compromisos equitativos, que se correspondan con los niveles de responsabilidad histórica y actual en relación con este reto global. Los resultados de este proceso negociador, en términos de reducción de emisiones globales, distan mucho de los requerimientos que indica la ciencia.

Se confirma que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y que la influencia humana es cada vez más clara. Además, se aportan nuevas evidencias acerca de los impactos observados y futuros y acerca de las opciones de adaptación y mitigación como estrategias de respuesta.

Se destaca que el incremento de las emisiones ha continuado en las últimas cuatro décadas (desde 1970) y se ha reforzado en la década más reciente con un crecimiento en 2000-2010 de alrededor de un 23%, ello a pesar de la crisis económica global que afecta al mundo desde 2008, así como del incremento de los programas y acciones nacionales y subnacionales de mitigación. En la última década también se produjo un incremento en el contenido de carbono del consumo energético global (intensidad de carbono del consumo de energía).

Se expone que el objetivo de mantener el crecimiento de las temperaturas medias globales por debajo de los 2°C, en relación con los niveles preindustriales, todavía es posible, pero requeriría un esfuerzo significativo desde el punto de vista tecnológico, institucional y del cambio en los patrones de conducta (patrones de producción y consumo).

También se enfatiza la necesidad de actuar de inmediato en cuanto a las respuestas frente al cambio climático, con un sentido de urgencia ya que en la medida en que se dilaten las acciones en el tiempo, las opciones tecnológicas disponibles serían cada vez más costosas y riesgosas y se comprometería el logro de las metas más ambiciosas de reducción de los incrementos de las temperaturas.

Estos estudios confirman que resulta fundamental el análisis de las políticas climáticas (mitigación y adaptación) en el contexto de la agenda de desarrollo sostenible de los diversos países, de manera tal que se articulen los distintos objetivos (económicos, sociales, ambientales y climáticos) con una perspectiva de largo plazo, que permita potenciar las sinergias (cobeneficios) y reducir la posibilidad de conflictos (y efectos adversos).

Los científicos mexicanos han brindado una contribución significativa a los estudios acerca del cambio climático y otros temas afines en las últimas décadas. Desde los aportes de eminentes expertos como el Dr. Mario Molina (Premio Nobel de Química en 1995), hasta las contribuciones de destacados centros de educación superior como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), son numerosas las publicaciones que dan cuenta del progreso registrado en México en este campo.

La proliferación de estudios e investigaciones de esta naturaleza en México no es un hecho casual, tiene mucho que ver con la relevancia del tema en el contexto no sólo global, sino también nacional y local. México es un actor clave a escala regional tanto en términos de adaptación como de mitigación y en el contexto del mundo en desarrollo, este país muestra un avance relativo en cuanto a creación de capacidades de respuesta, incluidas las referidas al desarrollo de la ciencia del cambio climático. Asimismo, México está altamente expuesto a los impactos del cambio climático, incluidos los eventos extremos por ambos lados del mar. Por ello, el presente libro *México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad*, que se somete a consideración de los lectores en esta ocasión, coordinado por Xóchitl Cruz Núñez, Gian Carlo Delgado Ramos y Úrsula Oswald Spring, no sólo es oportuno, sino urgente para la previsión, la mitigación y la adaptación ante el cambio climático.

**PARTE I**  
**VISIÓN DESDE EL PANEL INTERGUBERNAMENTAL**  
**DE CAMBIO CLIMÁTICO:**  
**IMPACTOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS**

---

## APUNTES INTRODUCTORIOS

---

Úrsula Oswald Spring, Gian Carlo Delgado Ramos  
y Xóchitl Cruz Núñez

### UBICACIÓN DE MÉXICO EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

El libro *México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad* es coordinado por tres autores que colaboraron en el Grupo 2 y Grupo 3 del Quinto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), relativos a adaptación y mitigación del clima, respectivamente. Su trabajo, así como el de varios de los autores que contribuyen en las diferentes secciones que componen este libro y que también participaron en el mencionado informe del IPCC, refleja la diversidad de investigación que se está llevando a cabo en la UNAM y en diferentes centros de investigación en México. El libro conjunta un mosaico amplio de investigadores provenientes de las ciencias atmosféricas, física solar, planetología, vulcanología, química, biología, geografía, ciencias ambientales, ciencias forestales, agrícolas y pecuarias, atención a emergencias, reducción de riesgos, medicina, desarrollo urbano y rural, economía, administración pública, sociología, antropología, filosofía, ciencias políticas, relaciones internacionales, psicología, filosofía, periodismo e investigación para la paz.

Esta diversidad profesional abre el campo a una discusión compleja alrededor de un tema crucial para México, el impacto del cambio climático entre grupos con diversas vulnerabilidades, que viven en condiciones territoriales, poblacionales y productivas muy diversos. El presente libro es también una llamada de atención para los tres órdenes de gobierno del país de cara a los crecientes riesgos a los que está expuesto México, tanto por su ubicación geográfica, sus más de 11,000 kilómetros de costas, como por sus características biofísicas y demográficas: las dos cadenas de la Sierra Madre y el eje neovolcánico transversal que cruza en el centro del país, precisamente las zonas donde vive una muy buena parte de la población, sobre todo en grandes asentamientos metropolitanos.

Estas condiciones socioambientales interrelacionadas requieren de medidas de prevención ante los impactos presentes y futuros relacionados con las condiciones climáticas. Dada la doble vulnerabilidad, la ambiental y la social, se requieren urgentemente medidas de mitigación y de adaptación para reducir los riesgos existentes y venideros. Estas acciones preventivas no sólo deberían reducir los riesgos presentes, sino que pueden además capacitar a la población para que junto con el gobierno, en sus tres niveles, desarrollen prácticas de prevención, adaptación y de resiliencia, con el fin de acotar la mencionada doble vulnerabilidad.

Lo novedoso del libro es que se trata de autores y revisores mexicanos, que participaron en el IPCC (en algunos casos acompañados de colegas o estudiantes de posgrado a su cargo). Proviene de universidades públicas, centros de investigación, dependencias gubernamentales y de la consultoría privada. Han colaborado en los tres volúmenes del Quinto Informe del IPCC y su experiencia internacional ha permitido elaborar el presente volumen, retomando tanto el espíritu como la metodología utilizada en el IPCC.

El texto refleja algunos de los conocimientos y datos más sobresalientes del impacto del cambio climático en México. Aunque cada capítulo aporta elementos específicos acerca de los impactos futuros posibles y los presentes ante condiciones climáticas cambiantes, se analizan también los procesos de adaptación y de mitigación en el contexto urbano y rural, así como el acceso diferencial a los recursos naturales y sociales. El trabajo inter y multidisciplinario de diversos equipos e investigadores permite analizar de manera más integral y robusta la complejidad de la tarea emprendida. A partir de múltiples enfoques y especialidades, algunas de ellas en sí mismas híbridas, los autores del libro logran mostrar las aristas existentes y futuros posibles dentro de condiciones de gran incertidumbre. En este análisis se reflejan las dificultades de predecir futuros complejos, similares a los que se ha enfrentado el propio IPCC para llevar a cabo su tarea a nivel global.

México es el decimosegundo emisor de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial y el segundo en América Latina. Durante las últimas décadas, ha experimentado periodos más prolongados y cálidos así como incendios y sequías más intensos en áreas cada vez mayores. Asimismo, ha enfrentado lluvias y huracanes más fuertes e inundaciones y deslizamientos de tierras más frecuentes, lo cual ha afectado la vida y el bienestar de la población expuesta, que suele ser la más pobre. Lo dicho ha generado pérdidas económicas cuantiosas y un miedo y preocupación entre la población afectada debido a que muchas personas y comunidades han sido varias veces víctimas de desastres similares. MunichRe (2008) mostró en su mapa sobre riesgos climáticos y geofísicos mundial cómo México y

Centroamérica representan una de las regiones más expuestas al cambio climático. A su vez, la Organización de Cooperación para el Desarrollo (OCDE, 2013) indica que 15% del territorio mexicano con más de 68% de la población y 71% de su PIB está amenazado por el cambio climático.

Aunque el gobierno se ha comprometido internacionalmente a mitigar las emisiones de GEI, todavía la mayoría de la producción nacional, al igual que la global, se finca en sistemas energéticos fósiles. A su vez, la presencia de corrientes marinas de agua más caliente en los 11,000 kilómetros de litorales en ambas costas, aumenta la disponibilidad de energía para la formación de ciclones, contexto en el que la energía térmica se transforma en vientos. Además, mayor evaporación y evapotranspiración pueden generar precipitaciones torrenciales extremas que, al ablandar las tierras en pendientes, pueden provocar aludes con impactos catastróficos en asentamientos rurales o urbanos afectados.

Adicionalmente, la mayor parte del territorio mexicano cuenta con ecosistemas semiáridos, áridos y desérticos que dependen del monzón. Al alterarse la época de lluvia se cambian los ciclos naturales que afectan la agricultura, la alimentación y la amplia biodiversidad natural mexicana, al reducir el sostén de flora y fauna, mucha de ella endémica y patrimonio para la humanidad (Buenfil, 2009). Los impactos naturales de la variabilidad climática se han agudizado por los impactos antrópicos como deforestación, sobrexplotación y contaminación de acuíferos, destrucción de manglares y construcción de infraestructura sobre barrancas (Ciudad de México) y barras de arenas en las costas (Cancún, Tacloban en Filipinas). Especialmente frágiles son las zonas en el norte del país donde las elevadas temperaturas en verano y la sobrexplotación de los acuíferos costeros para la agricultura de exportación han alterado el equilibrio de los acuíferos y han facilitado la intrusión de agua salina a más de 25 km, por ejemplo, en la costa de Hermosillo (Rangel *et al.*, 2011) o en Baja California. La Península de Yucatán cuenta con problemas similares, ya que depende de las aguas subterráneas, almacenadas en cenotes, donde el aumento en el nivel del mar representa una amenaza particular para esta región.

Las zonas costeras de Tamaulipas, Veracruz y Campeche son altamente vulnerables a tempestades y ciclones, pero también lo son las densamente pobladas zonas metropolitanas del Valle de la Ciudad de México, Nuevo León y Jalisco que sufren periódicamente de inundaciones. Ésas, a su vez, representan riesgos potenciales muy complejos para la población, además de que pueden afectar el abasto de los servicios públicos y el de alimentos.

En Chiapas, Oaxaca y Guerrero, se combina la vulnerabilidad ambiental con la social y, a veces, eventos no tan extremos se pueden convertir en desastres por

la falta de prevención y protección de la población expuesta (dígase, casos de los huracanes Stan, Paulina, etcétera).

La OCDE (2013) sugiere a México un gasto anual de entre 0.7 y 2.21% de su producto interno bruto (PIB), es decir, de hasta 224,000 millones de pesos/año, para reducir a la mitad sus emisiones de GEI y así salvar alrededor de 6.2% del PIB ambiental, con un costo estimado de 630,000 millones de pesos al año. El Banco Mundial (2015) propone combinar servicios financieros (créditos, FONDEN, donaciones, etcétera) con conocimientos y entrenamientos sistemáticos para reducir los riesgos por desastres (DRR, por sus siglas en inglés) y coordinar mejor internamente los esfuerzos de la DRR. Sugiere también reforzar la colaboración con Centroamérica para hacer frente de manera colectiva ante amenazas comunes y reforzar un sistema de alerta temprana compartida.

Un tema crucial es la capacitación estatal y local de funcionarios públicos y especialistas, donde la carencia de un ordenamiento territorial, ambiental, urbano y en su caso costero, aumenta en diversas regiones los peligros por eventos extremos, todo al tiempo que desaprovecha tanto el potencial de mitigación existente, como las posibles sinergias positivas entre las medidas de adaptación y mitigación.

El corto periodo que duran en el cargo los presidentes municipales, a la par de las prácticas políticas existentes (y que incluyen la renovación de equipos) son elementos que no ayudan a garantizar el aprendizaje necesario, ni la continuidad de esfuerzos locales y estatales. Se requiere de una carrera profesional de especialistas en DRR así como de especialistas en planeación de agendas de adaptación y mitigación, integradas entre sí y con las agendas DRR, para así poder no sólo mitigar los efectos del cambio climático, sino, además, prevenir resultados negativos antes, durante y después de los eventos extremos que frecuentemente, ante la falta de conocimiento y preparación, se convierten en desastre con elevadas tasas de muertes y daños en propiedades y servicios públicos. En este campo, las universidades, escuelas y centros de investigación pueden jugar un rol importante en tanto actores sociales de la misma región que pueden generar conocimiento pertinente y de calidad, espacialmente situado, a mediano y largo plazo.

Como mostró el IPCC (2012) en su informe sobre eventos extremos, al integrar las comunidades epistémicas de estudios del cambio climático con las de reducción de desastres y sobre todo las de desarrollo, se aumenta la capacidad de respuesta. Ciudades y comunidades con altos niveles de desarrollo y conocimientos son más resilientes ante eventos extremos, se organizan más rápidamente para la evacuación preventiva y cuentan con herramientas organizacionales, económicas y prácticas de colaboración para evitar que un evento se convierta en desastre. Estudios sis-

temáticos en cuencas altas han mostrado que hasta 72% de las precipitaciones se infiltran en la cuenca alta (González Barrios *et al.*, 2011). Por tanto, al recuperar el bosque y los suelos en las montañas, se pueden reducir avenidas torrenciales en las planicies y con ello inundaciones y daños en términos de vidas humanas y bienes materiales. Ello significa manejar mejor y con consenso social las áreas naturales protegidas con los campesinos e indígenas originarios de estas regiones, lo que no sólo reduce los peligros por eventos extremos, sino también contribuye con aminorar la migración rural-urbana si es que se asocia al pago de los servicios ecosistémicos otorgados por estos grupos sociales que benefician al conjunto de la sociedad (Jujnovsky *et al.*, 2011). Y si bien hay experiencias al respecto, por ejemplo, en la Ciudad de México, éstas siguen siendo muy limitadas. Lo mismo puede afirmarse, incluso, para el conjunto de acciones implementadas por el gobierno de la Ciudad de México, sin duda el más avanzado a nivel nacional en la materia (Delgado, 2015).

## OBJETIVOS DEL LIBRO

El objetivo del presente libro es analizar, de manera renovada y desde múltiples enfoques y disciplinas (físicas, naturales, sociales y humanistas, e incluso desde nuevos campos de conocimiento híbrido), los impactos presentes y las medidas de mitigación y de adaptación necesarios para prevenir y reducir los riesgos en México ante el cambio climático presente y futuro. Se trata de un esfuerzo que se plantea de cara a las negociaciones del clima que llegan a uno de sus puntos más álgidos y relevantes ante la imperante necesidad de conseguir un sólido acuerdo post-Kioto o lo que ahora se hace llamar “Acuerdo Universal sobre el Clima” ([www.cop21.gouv.fr](http://www.cop21.gouv.fr)). La COP 21 en París (Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas), sin duda será definitoria y, el rol de los diversos países, incluido México, será central en la definición de los alcances y compromisos.

El planteamiento del presente libro tiene una base reflexiva de los autores del IPCC 2013-2014, a partir de la urgencia climática mundial sobre la realidad mexicana en todos los sentidos que la palabra “urgencia” implica. Reconocer la urgencia en México, interpretarla a la luz del problema nacional y transmitir tanto la necesidad como una aproximación a las soluciones posibles es un papel del científico comprometido con su vocación y es el que tratamos de comunicar en este volumen.

Para entender mejor el proceso del cambio climático, sus efectos y los retos que plantea para nuestro país estar expuesto a eventos extremos y desastres, hay



que analizar las interrelaciones complejas y su retroalimentación (*feedback*) entre el entorno natural y las actividades humanas. Por lo mismo, se examinan en este libro los aspectos provenientes de diferentes ramas de las ciencias. Se exploran los impactos del cambio climático en mayores y más extremos eventos, frecuentemente convertidos en desastres, el papel de los bosques, el territorio, los sistemas productivos, los asentamientos humanos, el uso de energía, su cambio hacia energías renovables y las medidas de mitigación, así como la adaptación y el ordenamiento territorial, ambiental y urbano. Se incluyen las negociaciones internacionales sobre el cambio climático, la cooperación internacional, el avance en energías renovables y el desarrollo bajo en emisiones (MLEDS).

## CONTENIDO DEL LIBRO

El contenido del libro *México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad* se estructura en torno a 14 capítulos, agrupados en tres secciones especializadas.

En la primera parte, *Visión desde el Panel Intergubernamental de Cambio Climático: impactos físicos y económicos*, se ofrece una mirada desde México al IPCC y sus informes, con reflexiones de cinco expertos mexicanos que han tenido una participación activa en los trabajos de esa institución de las Naciones Unidas: Antonina Ivanova Boncheva, Blanca Emma Mendoza Ortega, Juan Manuel Espíndola Castro, Xóchitl Cruz Núñez y Ángel de la Vega Navarro. Analizan desde la perspectiva de las bases físicas las causas naturales y económicas del cambio climático.

La segunda sección se dedica a explorar el eje *Cambio climático, riesgos, impactos y respuestas*. Cuenta con aportes de 9 autores que revisan diversas aristas del cambio climático en lo relativo a impactos, adaptación y mitigación. Las contribuciones en este caso también han sido lideradas por autores del Quinto Informe del IPCC: Úrsula Oswald Spring, Fernando Aragón Durand, Patricia Romero-Lankao y colaboradores, y Gian Carlo Delgado Ramos.

La tercera sección dedica una atención especial al vínculo entre *cambio climático, recursos y salud*, con cuatro trabajos acerca de los impactos del cambio climático sobre los recursos naturales, la producción agrícola, los residuos sólidos municipales y los impactos en salud de Agustín Robles Norua, Jaime Garatuza Payan, el equipo de Ignacio Sánchez Cohen, Gian Carlo Delgado Ramos y Ana Rosa Moreno Sánchez, respectivamente. En el último capítulo, Úrsula Oswald explora algunos caminos de México hacia un futuro más complejo e incierto, que obliga al gobierno,

la sociedad y las empresas a emprender transformaciones profundas que mejoren la sustentabilidad del país.

En la primera parte, después de estos Apuntes Introductorios, Antonina Ivanova Boncheva revisa el rol del Buró del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) frente al Quinto Informe Evaluativo: Retos y Logros. Este capítulo presenta al lector el funcionamiento interno del IPCC. Explica su estructura, su composición y sus principales objetivos de trabajo, a partir del periodo de elaboración de su Quinto Informe Evaluativo (AR5, por sus siglas en inglés) que se llevó a cabo de 2008 a 2014. Dedicó especial atención a los retos que el Buró del IPCC enfrentó durante las etapas de realización de este informe, como lo son los nuevos temas y enfoques, el manejo transversal del conocimiento, el perfeccionamiento del proceso de elaboración de escenarios, así como la elaboración de una nueva estrategia de comunicaciones. El último apartado se dedica a las aportaciones que México ofreció con su participación en el Buró del IPCC, mediante una vicepresidencia en el Grupo de Trabajo 3 “Mitigación del Cambio Climático”.

Blanca Emma Mendoza Ortega y Juan Manuel Espíndola elaboran una síntesis acerca de los logros alcanzados en el grupo de trabajo 1 sobre los impactos físicos del cambio climático. Posteriormente, los autores analizan los forzadores naturales del cambio climático: radiación solar y vulcanismo. Ambos procesos naturales, junto con los impactos antropogénicos, describen los autores, alteran la energía del sistema atmosférico y son causantes del cambio climático. El forzamiento radiativo cuantifica el cambio en los flujos de energía causados, por cambios en estas sustancias o procesos. Cuando el forzamiento es positivo, se produce un calentamiento, si es negativo hay un enfriamiento.

Xóchitl Cruz Núñez revisa el proceso de mitigación y el cumplimiento de los compromisos adquiridos por México en materia de cambio climático. México ha estrenado diferentes instrumentos legales y normativos en materia de cambio climático (La Ley General de Cambio Climático y la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 20-40, entre otros), aunque todavía faltan planes de acciones concretas para adoptar las medidas de mitigación. El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) fue sustituido por la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 20-40 (ENCC) como instrumento rector de la política nacional. Al hacer flexible la referencia de reducción de emisiones se da una manera fácil de mover los compromisos anteriormente asumidos. Ante el incremento de eventos extremos, México requiere hoy, precisa Cruz, establecer metas claras, con toneladas reducidas o sumideros garantizados. El crecimiento debería desacoplar el PIB de las emisiones energéticas y se deberían apoyar decididamente las energías renovables

para reducir los GEI y forzantes climáticos de vida corta en la industria, la edificación, el transporte, la generación de energía, los residuos sólidos, la agricultura, el cambio en uso de suelo y la conservación de bosques. Esto significa que el país no debería esperar hasta el año 2020 para reducir sus emisiones. Es una responsabilidad mundial que se debe cumplir a escala nacional, estatal y local en tiempo y forma.

Ángel de la Vega Navarro analiza el lugar y papel que se atribuye a la economía en la división del trabajo, que se instaura en la elaboración de los informes del IPCC, tomando como base el Quinto Informe que fue publicado en tres volúmenes y una síntesis entre septiembre de 2013 y octubre de 2014. Muestra una sistematización de la literatura científica relevante para entender las bases del cambio climático, así como sus riesgos e impactos. Esos informes ilustran a economistas y otros científicos sociales numerosos desafíos en sus disciplinas. En economía, el autor cuestiona la división del trabajo, donde se exige estimar y valorar la vulnerabilidad ante el cambio climático y los impactos posibles, que defina opciones para políticas públicas de adaptación y mitigación. En todo ello hay una exigencia de evaluación y medición, a la cual usualmente se responde con conceptos y herramientas de la teoría económica convencional, lo que exige una actitud crítica.

La segunda parte inicia con el trabajo de Úrsula Oswald Spring sobre migración ambiental como medida de adaptación ante el cambio climático. Ante una creciente incertidumbre en las negociaciones multilaterales sobre acuerdos vinculantes acerca de las emisiones de GEI, el capítulo explora alternativas desde la propia gente para protegerse ante los crecientes riesgos ambientales y sociales. El texto pregunta ¿cómo pudieran personas socialmente vulnerables, especialmente mujeres, jefas de hogar que viven en una cuenca altamente riesgosa y afectada por el cambio climático, enfrentar con recursos limitados su doble vulnerabilidad? Para responder, el capítulo explora primero el concepto de migración inducida ambientalmente (MIA). Después, analiza mediante datos empíricos el impacto del cambio climático y los desastres en la cuenca del río Yautepec, a partir de una doble vulnerabilidad donde el derretimiento del glaciar y las nieves del Popocatepetl y la variabilidad climática han provocado inundaciones y sequías más severas que se han agravado por una urbanización caótica y una inadecuada gestión productiva, de agua y de residuos sólidos y líquidos. Todo ello ha empeorado la marginación social y la MIA es un proceso de adaptación, aunque puede aumentar la vulnerabilidad de los que se han quedado. Para superar la doble vulnerabilidad y negociar pacíficamente los conflictos, argumenta Oswald, se requiere de apoyos gubernamentales y el involucramiento de los afectados en los procesos de adaptación y mitigación, con el fin de optimizar el bienestar y la seguridad humana.

Por su parte, Fernando Aragón Durand revisa la gestión del riesgo de inundaciones y los desafíos de la adaptación urbana al cambio climático. Examina discursos y respuestas institucionales, así como la construcción de capacidades de adaptación al cambio climático que deberían priorizar en México la agenda del desarrollo urbano, vivienda, ordenamiento territorial y medioambiental. En las áreas urbanas habita más de la mitad de la población mundial y se llevan a cabo la mayoría de las actividades económicas. En los próximos 5 a 10 años, las vidas y modos de subsistencia de millones de personas se verán afectados por lo que se haga o deje de hacer en los centros urbanos con referencia al cambio climático. Las ciudades generan el mayor porcentaje de PIB regional y nacional, pero también la mayor cantidad de GEI. Concentran un elevado número de personas en riesgo y de empresas que los generan. De manera particular, Aragón aterriza su análisis en los discursos de la causalidad del desastre por las inundaciones de Valle de Chalco. El autor muestra que la construcción del conocimiento sobre inundaciones no está solamente restringida por la ciencia sino que el ámbito de la política pública y de los afectados produce conocimientos que difieren en su origen, uso y destino. Por tanto, concluye que es importante considerar esto último en el diseño de medidas de prevención de desastre para que sean socialmente más sensibles y por ende, su implementación logre ser más exitosa. El conocimiento sobre la vulnerabilidad y adaptación urbana en México es sin embargo muy escaso y, paradójicamente, cada vez será más necesario para adaptarse a las condiciones cambiantes.

Patricia Romero-Lankao, Natalia Brutto, Manyu Chang, Jorgelina Hardoy, Rafael D'Almeida Martins, Kerstin Krellenberg revisan la capacidad de respuesta urbana a la variabilidad y el cambio climático en las ciudades de Buenos Aires y Rosario (Argentina), São Paulo y Río de Janeiro (Brasil), Manizales (Colombia), Santiago (Chile) y Chetumal y México DF (México). El análisis de casos y la comparación de las experiencias de gestión les permitieron constatar que el diseño de las medidas de política se vincula al diagnóstico del problema del cambio climático. Lo dicho se sustenta en experiencias anteriores de gestión, con algunas ciudades centradas en cuestiones tales como la contaminación del aire y, otras, como el tema de desastres. El capítulo dibuja un mosaico de rasgos, situaciones y determinantes de la capacidad institucional de las ciudades latinoamericanas, entre los que destacan las redes y estructuras administrativas, el marco jurídico que se constituye junto con la legislación pertinente para las estrategias de mitigación y adaptación. Estos se enfrentan con obstáculos entre los encargados de la toma de decisiones y la participación social, donde hay procesos participativos innovadores e incluyentes.

Gian Carlo Delgado Ramos analiza el metabolismo y la ecología política urbana en la construcción de ciudades resilientes y de bajo carbono. Abre con una revisión de la problemática urbana en general y en América Latina, para luego dar cuenta de las principales implicaciones y retos inmediatos y a mediano plazo, así como las potenciales soluciones actualmente en discusión. Su análisis se centra en dos ejes, por un lado, la perspectiva del metabolismo urbano o el análisis de flujos de materiales y de energía, y, por el otro, la ecología política urbana o el estudio de las asimetrías y relaciones de poder imperantes en la construcción de lo urbano. A partir de tal aproximación, el autor analiza los perfiles metabólicos de algunas ciudades latinoamericanas, incluyendo algunas cuestiones relacionadas con las implicaciones climáticas y socioambientales. Asimismo, valora hasta dónde las principales soluciones propuestas en la literatura internacional y nacional contribuyen con la construcción de alternativas, en qué grado y, en su caso, con qué limitaciones o contradicciones. Concluye abogando por la búsqueda de esquemas de acción socialmente consensuados y ejecutados, no meramente desde arriba (*top-down*), sino desde abajo (*bottom-up*), es decir, de aquellos donde la genuina participación ciudadana es clave para avanzar hacia asentamientos más justos, sustentables y resilientes.

La tercera parte del libro analiza la interrelación entre el cambio climático, la disponibilidad de los recursos naturales y el impacto en la salud humana. Agustín Robles Morua y Jaime Garatuza Payan elaboran modelos de cambio climático en México y los impactos esperados en la disponibilidad del agua. De acuerdo con las proyecciones del quinto reporte del IPCC existe una probabilidad alta de que la disponibilidad de agua en México se vea afectada negativamente por menor precipitación y mayor evapotranspiración con cambios en el monzón de Norteamérica. Insisten en que es de suma importancia elaborar modelos conceptuales y numéricos actualizados y correctos del funcionamiento de los sistemas hidrológicos del país, así como determinar escenarios anuales y estacionales de cambio climático en términos de precipitación y temperatura en las regiones de interés. Aún sin los cambios esperados por el cambio climático —sostienen—, el manejo del agua es impredecible debido a la alta variabilidad espaciotemporal de las lluvias en México, y más aún, a la administración de este recurso en zonas áridas y semiáridas, donde el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para los diversos usos. Por eso es de vital importancia para los autores la actualización permanente sobre la disponibilidad de agua y la cuantificación de los cambios ocasionados por el cambio climático. En ese sentido —agregan—, cualquier estudio que trate de estimar o pronosticar los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos deberá

actualizar el conocimiento de la disponibilidad del agua en las cuencas hidrológicas o acuíferos, considerando todas las entradas y salidas naturales así como todos los volúmenes comprometidos.

Ignacio Sánchez Cohen, Gerardo Esquivel Arriaga, Miguel Velásquez Valle, Gabriel Díaz Padilla y Mariela Núñez Lares examinan el impacto de la variabilidad climática en la disponibilidad de agua para la producción agrícola en México, el mayor sector consumidor de agua en México. Acorde con los modelos utilizados, indican los autores, se prevén afectaciones en las probabilidades de ocurrencia de lluvias lo que implica cambios en los patrones de prácticas de manejo de los cultivos tales como las fechas de siembra. Ello modificará inevitablemente el esquema productivo. Al convergir altos grados de marginalidad y eventos extremos de sequías reiteradas, con otros eventos extremos como heladas, se acelera la emigración hacia regiones climáticamente más estables. El diseño de mecanismos de mitigación y estrategias de adaptación pasa entonces por mejorar la eficiencia en el riego agrícola y el dispendio de agua en las ciudades. En ambos casos se requiere de la participación social. La herramienta más eficaz es la modelación de procesos que cuantifica el riesgo agroclimático mediante el balance de humedad en el suelo, dada las características climatológicas del sitio y de las condiciones climáticas históricas. En la agricultura es deseable realizar este balance diariamente, como una forma conveniente de identificar periodos de déficit o exceso de humedad, que a su vez servirán para calendarizar riegos, zonificar cultivos en áreas de temporal y cuantificar el riesgo hídrico en relación con las necesidades de los cultivos.

Gian Carlo Delgado Ramos analiza uno de los flujos materiales más desperdiciado en México, el de los residuos sólidos municipales, el cual tiene una directa e importante relación con el cambio climático. Inicia con una introducción de los actuales patrones de consumo, la generación de desechos y su composición. Delinea los retos de su gestión y examina su potencial en la mitigación del cambio climático, entre otros, los aspectos ambientales y de salud pública. Presenta la cuestión del cambio climático desde la perspectiva del metabolismo urbano y posteriormente, analizar el potencial de la mitigación mediante la denominada "minería urbana" de los materiales recuperables en múltiples marcos temporales de planeación, donde resalta el caso de la Ciudad de México dentro del contexto nacional. El autor ofrece una estimación del potencial de mitigación de GEI producto de la minería urbana. El capítulo cierra con una breve reflexión en torno a la complejidad que rodea el reto de la gestión integral y socioecológicamente más armónica de los residuos urbanos y la utilidad de la perspectiva del metabolismo urbano para enfrentar tal reto.

Ana Rosa Moreno Sánchez ofrece una reflexión de los impactos, respuestas y retos del cambio climático en salud humana. La buena salud a largo plazo de las poblaciones, escribe la autora, depende de la continua estabilidad y funcionamiento de los sistemas ecológicos y físicos de la biosfera, referidos como sistemas de soporte vital. El cambio climático adiciona riesgos a la salud ambiental y establece interacciones complejas y probabilidades cambiantes de múltiples efectos en la salud humana. En México, las propuestas de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) presentan condiciones de vulnerabilidad particular ante el cambio climático a partir de su geografía, por el deterioro ambiental, así como por características sociales y culturales que transforman al sector salud en uno de los más vulnerables ante el cambio climático. Tal realidad exige desde ahora tomar medidas preventivas ante posibles escenarios agudos, donde las disparidades regionales y sectoriales se agudizan por carecer de recursos económicos, capacidad de gobierno débil para utilizar adecuadamente la información sobre el cambio climático para mejorar la capacidad de adaptación en regiones y entre poblaciones vulnerables como los pobres y comunidades indígenas. La autora insiste en que la distribución y disponibilidad del agua se podrán ver afectadas, al igual que la productividad y distribución de alimentos cuyo impacto sería mayor especialmente en los niños de zonas vulnerables. Además, lluvias torrenciales podrán causar inundaciones en ciudades, así como deslaves en áreas de riesgo y los incrementos en la temperatura y la precipitación aumentarán la morbilidad por enfermedades transmitidas por vectores infecciosos. El impacto en la salud exige, según Moreno, planteamientos interdisciplinarios con propuestas orientadas a la solución que cuente con una instrumentación precisa para enfrentar exitosamente los retos al sector salud ante el cambio climático.

Finalmente, en el último capítulo y ante esta complejidad de factores, modelos, impactos en los factores físicos, de adaptación y de mitigación ante el cambio climático y riesgos desconocidos, Úrsula Oswald Spring dibuja los principales elementos necesarios para una transición a la sustentabilidad con equidad y desarrollo en México. Tanto aquí como en muchos otros países del sur, los desastres han aumentado y han creado inseguridad humana. Al igual que en el texto de los tres volúmenes del Quinto Informe del IPCC (2013, 2014), el cambio climático en México puede afectar la seguridad humana de múltiples formas, donde destaca la pérdida del bienestar, el aumento en la migración ambiental, la falta de alimentos y la pérdida de recursos naturales necesarios para la supervivencia, especialmente en agua y alimentos. Las tensiones resultantes pueden generar potenciales conflictos por los recursos crecientemente más escasos y contaminados. Al presentarse un

dilema de supervivencia por hambre, sed y falta de ingresos, que compromete la cultura y la identidad, se puede aumentar el estrés de los que se van y los que se han quedado. El modelo actual de extracción y depredación de recursos naturales convierte a la especie humana en su propio agresor al incrementar los riesgos por su despilfarro y el uso intensivo en energéticos fósiles. Pero a la vez, el ser humano y el entorno natural se convierten en víctima de estos comportamientos por los desastres, crecientemente más extremos. Al enfatizar en una seguridad humana integral, que promueve la ausencia de miedo, de necesidades, de desastres y garantice la aplicación de las leyes y el respeto a los derechos humanos, se pueden encontrar medidas preventivas para reducir los riesgos por el cambio climático y aumentar el empoderamiento de los habitantes expuestos. Para Oswald, esta transición con equidad, igualdad y sustentabilidad crea bases para alcanzar acuerdos globales que son capaces de reducir dichos riesgos y su incertidumbre asociada, donde gobiernos, sociedad, empresarios, transnacionales e instituciones multilaterales pueden crear una transición hacia la sustentabilidad no sólo en México, sino para todos los habitantes del planeta tierra.

Estas tres partes, breve y sintéticamente arriba descritas, integran el libro colectivo de autores que muestran un alto grado de excelencia científica nacional e internacional, al haber participado activamente en la elaboración del AR5 del IPCC. Entre las virtudes de este material de discusión científica destacan: la selección de los temas expuestos, la relevancia de los mismos a escala global, regional, nacional y local, y la pertinente y sólida argumentación que se pone a disposición de la academia, tomadores de decisiones y el público en general, de cara a las próximas negociaciones globales del clima y en momentos en que se ha cerrado ya el quinto ciclo de evaluación del IPCC lo cual es importante en tanto que ofrece nuevos elementos y datos para el análisis propio.

Esta convergencia de virtudes y circunstancias hacen de este libro un valioso y oportuno vehículo de difusión científica sobre un tema clave de nuestros días: el cambio climático como reto ambiental global, que tiene, a su vez, implicaciones significativas en materia de desarrollo, bienestar, urbanización, alimentación, salud y calidad de vida de toda la población.

## REFERENCIAS

Banco Mundial (2015). *Latin America and the rising South: Changing world, changing priorities*, World Bank, Washington.



- Buenfil Friedman, Jacinto (coord.) (2009). *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*. Semarnat, INE, México.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (2015). Adaptación y mitigación del cambio climático en la Ciudad de México: análisis de la estrategia, programa y avances alcanzados. *Revista Científica Monfragüe. Desarrollo Resiliente*, vol. V, núm. 1. Universidad de Extremadura. Cáceres, España.
- González Barrios, José Luis *et al.* (2011). Impacto del cambio de uso de suelo en la hidrodinámica superficial de una cuenca receptora de agua, en Úrsula Oswald Spring (coord.), *Retos de la investigación del agua en México*. CRIM-UNAM, RETAC-Conacyt, Cuernavaca: 105-114.
- IPCC (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Jujnovsky, Julieta, Marisa Masari Hiriati, Alya Ramos y Lucía Almeida Leñero (2011). Desarrollo de una metodología para la evaluación de servicios ecosistémicos hidrológicos en las microcuencas del suroeste del Distrito Federal, en Úrsula Oswald Spring (coord.), *Retos de la investigación del agua en México*. CRIM-UNAM, RETAC-Conacyt, Cuernavaca: 89-94.
- MunichRe (2008). *Mapa mundial de riesgos ante desastres geológicos y climáticos*. MunichRe, Munich.
- OCDE (2013). *Evaluación del desempeño ambiental, México 2013. Highlights*. OCDE, Ginebra.
- Rangel Medina, Miguel, Rogelio Monreal Saavedra y Christopher John Watts Thorp (2011). Los acuíferos costeros de Sonora, México. Un reto de análisis hidrogeológico para mantener su equilibrio sustentable, en Úrsula Oswald Spring (coord.), *Retos de la investigación del agua en México*. CRIM-UNAM, RETAC-Conacyt, Cuernavaca: 165-178.

# **EL BURÓ DEL PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC) FRENTE AL QUINTO INFORME EVALUATIVO: RETOS Y LOGROS. APORTACIONES DE MÉXICO**

---

*Antonina Ivanova Boncheva\**

## **INTRODUCCIÓN**

Este capítulo tiene como objetivo presentar el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), explicando su estructura, composición y principales objetivos de trabajo, con énfasis en el periodo de elaboración de su Quinto Informe Evaluativo (AR5, por sus siglas en inglés), 2008-2014. Se dedica especial atención a los retos que el Buró del IPCC enfrentó durante las etapas de realización de este informe, como lo son los nuevos temas y enfoques a incluir, manejo de los asuntos transversales, perfeccionamiento del proceso de elaboración de escenarios, así como la elaboración de una nueva estrategia de comunicaciones. El último apartado se dedica a las aportaciones de México en este proceso mediante su participación en el Buró del IPCC, por medio de una vicepresidencia del Grupo de Trabajo 3 “Mitigación del Cambio Climático”.

## **FUNCIONES DEL IPCC**

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988, por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), dando testimonio al reconocimiento del problema del cambio climático global.

---

\* Universidad Autónoma de Baja California Sur. Miembro del Buró del IPCC.

La participación en el IPCC está abierta a todos los miembros de la ONU y de la OMM. El papel del IPCC es realizar presentación evaluativa sobre una base amplia, objetiva y transparente de información científica, técnica y socioeconómica, relevante para el entendimiento de los siguientes asuntos: en primer lugar, de las bases científicas que determinan la evolución y los riesgos de un cambio climático antropogénico, así como sus impactos reales y potenciales; y, en segundo lugar, de las dos principales vías para la acción climática: la mitigación (acciones encaminadas a disminuir la acumulación de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, o sea, afrontar las causas del cambio climático antropogénico) y la adaptación (prevenir y afrontar los impactos del cambio climático en diferentes regiones y países del mundo).

Es importante mencionar que el IPCC no realiza investigación propia, ni monitoreo de datos u otros parámetros relevantes, se basa en datos de publicaciones científicas y técnicas arbitradas y generadas durante el periodo de evaluación correspondiente. El objetivo es tomar en cuenta todas las publicaciones disponibles a nivel regional, subregional y local. En los últimos informes, se está fomentando la inclusión de literatura en lenguas distintas al inglés.

También fue discutido el asunto de la incorporación de la así llamada “literatura gris”, que son estadísticas y publicaciones no arbitradas, así como resultados de algunos talleres realizados con las comunidades. Se decidió que se puede usar tal literatura si la información que presenta es importante para el capítulo respectivo y no está cubierta en publicaciones arbitradas. Las fuentes de “literatura gris” a ser incluidas en el capítulo respectivo tienen que ser consensuadas por todos los autores líderes, así como subirse a la página web del IPCC para ser consultadas por todos los interesados.

Otra de las características es que los informes del IPCC presentan de manera objetiva información relevante para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas, pero de ninguna manera pueden prescribir ciertas vías políticas o reflejar preferencias en este sentido.

En los Informes del IPCC se busca la excelencia científica, integrando los aspectos económicos, sociales (incluyendo la equidad) y ambientales de este tema tan multifacético y complejo como lo es el cambio climático global.

Aparte de los Informes Evaluativos que se emiten cada 5-6 años, el IPCC publica Informes Especiales. Por ejemplo, en el periodo de elaboración del AR5 se elaboraron el Informe Especial sobre Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático (SRREN) y el Informe Especial sobre Gestión de los Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Extremos y Desastres para Mejorar la Adaptación al Cambio Climático (SREX).

En la elaboración de los Informes se involucran expertos de todas las regiones del mundo, dando énfasis a la participación de especialistas de los países en vías de desarrollo y a las proporciones adecuadas de involucrar especialistas de género femenino. Por otro lado, para garantizar la objetividad, la incorporación de enfoques novedosos, y la participación de científicos jóvenes en el Quinto Informe Evaluativo, se ha invitado un porcentaje alto de expertos que no habían participado antes en los informes del panel.

Cada capítulo incluye un apartado de preguntas frecuentes (FAQ) y un glosario. La prioridad de las FAQ es presentar de forma clara y concisa las respuestas a las principales preguntas y dudas que pueden surgir en los tomadores de decisiones y el público en general sobre la temática presentada. El glosario presenta definiciones claras de los términos empleados por los diferentes capítulos de los tres grupos de trabajo, asegurando que los términos sean homogéneos y consistentes.

## Estructura del IPCC

El IPCC consiste en tres Grupos de Trabajo (GT) y un Grupo Especial (figura 1). Cada uno de estos grupos tiene dos copresidentes, uno de un país industrializado, y el otro de un país en vías de desarrollo, así como seis vicepresidentes, cuya elección debe garantizar la equitativa representación de las regiones del mundo en el Buró del IPCC. Los presidentes y vicepresidentes de cada Grupo de Trabajo conforman el Buró de este GT. A su vez, los Burós de los GT y los copresidentes del Grupo Especial sobre Inventarios Nacionales de Gases con Efecto Invernadero, junto con el presidente del IPCC y sus tres vicepresidentes, constituyen el Buró del IPCC. Cada grupo de trabajo dispone también de una Unidad Técnica de Soporte (UTS), que se responsabiliza de los asuntos técnicos y logísticos de la elaboración de los informes, bajo la dirección del Buró del GT. Las UTS están ubicadas, por lo general, en el país industrializado de donde proviene el copresidente del grupo correspondiente. El Buró del IPCC se elige para cada periodo de elaboración de un informe evaluativo. El Buró correspondiente al AR5 tiene el mandato para el periodo 2008-2015.

Las actividades del IPCC, como las reuniones de trabajo y los gastos de traslado de los participantes de los países en vías de desarrollo y las economías en transición, se financian en su mayoría por contribuciones voluntarias de los países miembros, a través del Fondo del IPCC para estos fines. Apoyo adicional se proporciona por la OMM, el PNUMA y el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC).

Figura 1. Estructura del IPCC



Fuente: Buró del IPCC.

## PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS INFORMES DEL IPCC

A lo largo de su funcionamiento, el IPCC ha realizado los siguientes Informes Evaluativos:

- Primer Informe Evaluativo (FAR), 1990.
- Segundo Informe Evaluativo (SAR), 1995.
- Tercer Informe Evaluativo (TAR), 2001.

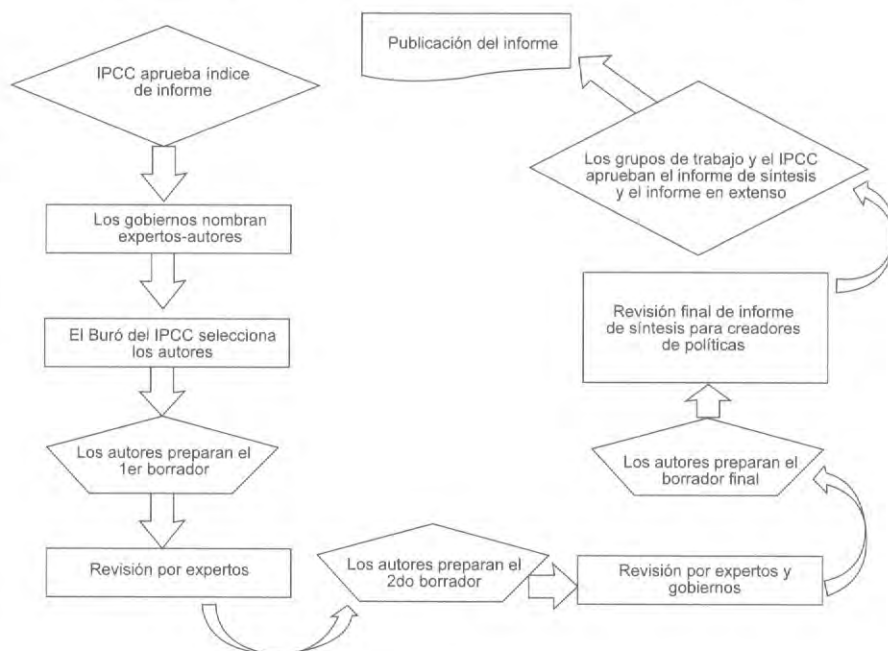
- Cuarto Informe Evaluativo (AR4), 2007.
- Quinto Informe Evaluativo (AR5), el Informe del GT-1 fue presentado en septiembre de 2013; los informes de los GT-2 y GT-3 se presentaron en marzo y abril de 2014, respectivamente.

Todos estos informes evaluativos fueron escritos por equipos de autores divididos por capítulos y nominados por gobiernos nacionales y organizaciones internacionales. Se ha contado en promedio con la participación de autores de más de 100 países, tanto industrializados, como en vías de desarrollo.

La figura 2 presenta las etapas del proceso de elaboración de un Informe Evaluativo del IPCC.

El índice general del Informe, incluido el índice de cada capítulo, se determina por la Plenaria del IPCC antes de que comience el proceso de escribir el Informe.

Figura 2. Etapas de elaboración de los Informes Evaluativos del IPCC



Fuente: Buró del IPCC.

Cada capítulo cuenta con un promedio entre 10 y 12 autores líderes (LA). De éstos al menos dos se eligen como autores líderes coordinadores (CLA) y se dedican, como lo indica su nombre, a coordinar el trabajo del equipo. Si el equipo necesita ser reforzado en alguno de los tópicos que comprende el capítulo se pueden invitar autores contribuyentes, mismos que no asisten a las reuniones presenciales, sino proporcionan sus contribuciones vía electrónica.

Los autores se proponen por los puntos focales de los países miembros del IPCC de acuerdo con su experiencia académica o práctica en los temas del capitulado. Los autores líderes tienen que representar todas las regiones a nivel mundial, ser expertos reconocidos en los temas del capítulo respectivo y ser conocedores de los desarrollos científicos y tecnológicos de punta. Los capítulos, cuya temática así lo requiere, incluyen entre sus autores representantes de algunas industrias o miembros de organizaciones de la sociedad civil (OSC).

Cada capítulo cuenta también con al menos dos editores-revisores, quienes se encargan de supervisar la consistencia del texto, también tienen que asegurarse que el contenido de los capítulos sea políticamente relevante, pero no prescriptivo de políticas.

El proceso de generación del contenido de cualquier capítulo incluye la preparación de un primer borrador, que se envía a revisión por expertos en el tema (revisores expertos).

Después de discutir e incorporar o rechazar las observaciones respectivas, los autores de cada capítulo elaboran un segundo borrador, que, a su vez, se somete a un proceso de revisión exhaustiva de nuevo por expertos, pero, en esta ocasión, también por representantes de los gobiernos.

Las síntesis para los creadores de políticas y tomadores de decisiones se preparan de acuerdo con los datos contenidos en cada informe principal, resaltando los hallazgos más importantes. Estas síntesis también se someten a revisión por expertos en la temática y por representantes de los gobiernos.

Los Informes de Síntesis se aprueban en Sesión Plenaria del IPCC por los representantes de los países miembros (científicos y tomadores de decisión). El texto se somete a una revisión rigurosa, aprobándose palabra por palabra. En estas sesiones participan los autores líderes para garantizar que la síntesis aprobada sea acorde con el informe científico-técnico que la soporta.

Al final de cada ciclo de evaluación se prepara un Informe de Síntesis que integra los resultados más relevantes de los tres grupos de trabajo del IPCC.

## EL BURÓ DEL IPCC FRENTE AL QUINTO INFORME EVALUATIVO (AR5): RETOS Y LOGROS

Los componentes del AR5 consisten en las aportaciones de los tres grupos de trabajo del IPCC: Grupo de Trabajo 1: Las bases de la ciencia física del cambio climático; Grupo de Trabajo 2: Impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación; y, Grupo de Trabajo 3: Mitigación del cambio climático.

### Nuevos temas incluidos

Es importante resaltar que en el AR5, el Buró del IPCC logró incluir varios temas previamente considerados fuera del alcance de la investigación sobre el cambio climático. Tales son el desarrollo sustentable, la ética, la equidad, y los derechos humanos. Incluir estos temas y relacionarlos con las principales vertientes de acción climática (mitigación y adaptación) es de suma importancia para hacer ver a los tomadores de decisiones que las políticas climáticas deberían formar parte integral de las políticas más amplias de desarrollo sustentable, y que dedicar recursos para combatir al cambio climático significa atender al mismo tiempo prioridades de desarrollo socioeconómico (comunidades vulnerables, salud, creación de empleos verdes, etcétera).

Uno de los principales logros en este sentido es prestar la mayor atención al Artículo 2 de la UNFCCC donde se especifica el objetivo último para la convención y los países miembro:

*El objetivo último de esta Convención y todo instrumento legal relacionado con ésta que la Conferencia de las Partes pueda adoptar es alcanzar, acorde a los postulados de la Convención, la estabilización de la concentración de los gases efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que pueda prevenir la interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático. Este nivel tiene que ser alcanzado en un tiempo suficiente para permitir a los ecosistemas adaptarse de manera natural al cambio climático, asegurar que la provisión de alimentos no esté amenazada y asegurar que el desarrollo económico se dé de una manera sustentable. (ONU, 1992)*

### Rescate de los conocimientos tradicionales e indígenas

Aparte de dar un tratamiento más amplio a los temas del apartado anterior, el Buró del IPCC ha tratado de incluir en el AR5 los importantes conocimientos tradicionales



de las comunidades indígenas y rurales que pueden contribuir a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus impactos.

En este sentido, cabe mencionar el taller organizado en Australia en 2012 “Mitigación del cambio climático con comunidades locales e indígenas: prácticas, lecciones y perspectivas”. El taller fue co-organizado con la Iniciativa del Conocimiento Tradicional de la Universidad de las Naciones Unidas. Sus objetivos eran: conocer una perspectiva amplia de conocimientos de las comunidades rurales e indígenas sobre la acción climática; recolectar datos regionales y locales sobre estos temas, y poder usarlos como “literatura gris” para los informes evaluativos; fomentar la realización de publicaciones arbitradas sobre estos temas.

### Asuntos transversales en el Quinto Informe Evaluativo (AR5)

Durante el proceso de decisión del contenido del AR5 se identificó una serie de asuntos transversales que fueron divididos en dos grupos: *metodologías transversales*: asuntos metodológicos aplicables a la presentación o el contenido del Informe; *temas transversales*: se refieren a temas que por su especificidad deben ser tratados en más de un grupo de trabajo del IPCC. Para perfeccionar el manejo de estos temas entre los capítulos de cada GT, por un lado, y entre los tres GT, por otro lado, se han realizado reuniones entre los representantes de los capítulos implicados en el transcurso de cada Encuentro de Autores Líderes. Por otra parte, se han realizado reuniones adicionales entre representantes de los diferentes GT. A continuación se presentan los principales componentes de ambos grupos:

#### *Metodologías transversales*

- Evaluación consistente de riesgos e incertidumbres.
- Análisis económico y de costos.
- Aspectos regionales.

#### *Temas transversales*

- Sistemas de agua y suelo: cambios, impactos y respuestas.
- El ciclo de carbono, incluyendo la acidificación del océano.

- Capas de hielo y elevación del nivel del mar.
- Mitigación, adaptación y desarrollo sustentable.
- Artículo 2 de la UNFCCC sobre la estabilización de las concentraciones de gases con efecto invernadero.

### **Retos del Buró del IPCC durante el Quinto Informe Evaluativo:**

Los principales retos para el Buró del IPCC en el transcurso de elaboración del AR5 fueron los siguientes:

- Alcanzar mejor integración entre los temas de mitigación y adaptación.
- Mejorar el manejo de riesgos e incertidumbres.
- Trascender los escenarios de no-mitigación (SRES: Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones, 2000).
- Poner esfuerzo especial para proveer información regional cuando esté disponible.
- Incluir aspectos de equidad y desarrollo sustentable.
- Atención más amplia de aspectos económicos.
- Atención a aspectos transversales.
- Mejor manejo y comunicación de las incertidumbres.

### **Nuevos escenarios con base en la diversidad de perspectivas para AR5: logros del Buró**

En el ciclo del AR5, a diferencia del AR4, el IPCC ha actuado como facilitador de la elaboración de los escenarios. En la elaboración de los escenarios están participando, de forma autónoma, las siguientes principales comunidades científicas:

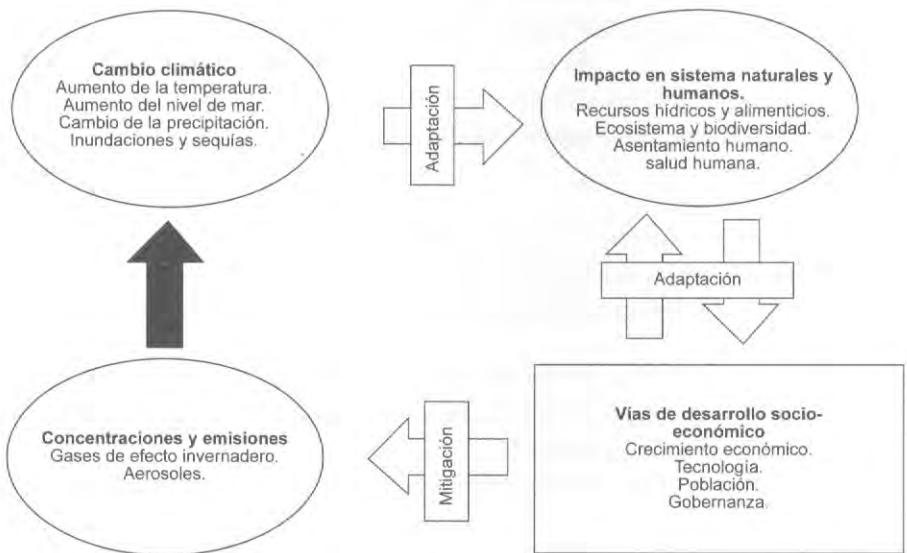
- Comunidad científica de modelación climática (CM).
- El Consorcio de modelación evaluativa integrada (IAMC): coordina el trabajo sobre emisiones y escenarios económicos.
- Comunidad científica de impactos, adaptación y vulnerabilidad (IAV).

Antes de comenzar los trabajos del Quinto Informe Evaluativo, estas comunidades científicas funcionaban de manera dispersa. Por lo tanto, se vio la necesidad

de establecer una amplia colaboración entre éstas, lo que se logró mediante la organización de una serie de talleres, donde especialistas de cada comunidad científica discutían y consensuaban las vías de combinar los productos de sus estudios. El Buró del IPCC puso énfasis especial de involucrar en esta labor más expertos de los países en vías de desarrollo y economías en transición. Como resultado de esta colaboración, los escenarios para el AR5 se elaboraron de manera combinada entre: 1) proyecciones de futuras emisiones; 2) proyecciones de futuro cambio climático; 3) descripciones narrativas (cuantitativas y cualitativas) de las condiciones socioeconómicas y ecosistémicas, que representan retos a la mitigación y adaptación, y, 4) políticas de mitigación y adaptación. Los escenarios desarrollados proporcionan un marco integrado para crear y comparar a nivel sectorial y regional las acciones de mitigación, adaptación y los impactos climáticos residuales (figura 3).

Los equipos científicos de modelación evaluativa integrada desarrollaron en la etapa inicial cuatro Vías de Concentración Representativa (RCP) para ser usadas en la modelación climática. Los equipos de modelación climática usan las RCP como

Figura 3. Cambio climático. Diagrama de un marco integrado



Fuente: Buró del IPCC.

insumo para modelar proyecciones del futuro cambio climático. Estas proyecciones son la parte central del Informe del Grupo de Trabajo 1 para el AR5.

Las cuatro RCP<sup>1</sup> fueron elaborados al año 2100, para proveer datos a la comunidad de modelación climática, basándose en las emisiones de gases con efecto invernadero y la dirección del cambio, usando supuestos simplificados sobre políticas e instrumentos de acción climática, así como diferentes grados de participación de la comunidad.

El siguiente paso fue elaborar un marco para la construcción del escenario socioeconómico, basado sobre la narrativa cuantitativa y cualitativa de las condiciones sociales, económicas y ecosistémicas. Estas descripciones se denominan Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP). La metodología para su elaboración es suficientemente flexible para permitir su adaptación a estudios regionales o locales.

Estos escenarios permiten visualizar la evolución socioeconómica a nivel mundial en el siglo XXI, determinando los retos que ésta representará para la mitigación y la adaptación. A su vez, los modelos evaluativos integrados podrán emplear las descripciones cuantitativas de las SSP.

Las variables usadas para suministrar información suficiente para la caracterización amplia de las SSP son las siguientes:

- Población y recursos humanos: crecimiento de la población; natalidad y mortalidad; edad y estructura de género; distribución espacial; migración; urbanización y educación.
- Desarrollo económico: crecimiento del ingreso per cápita; distribución del ingreso dentro de los países; estructura del sector económico; empleo; comercio internacional, globalización.
- Desarrollo humano: pobreza; acceso a energía; seguridad alimentaria; servicios de salud y acceso a éstos; equidad y cohesión social; índice de desarrollo humano.
- Tecnología: inversión en investigación y desarrollo; niveles de desarrollo tecnológico; estado de la infraestructura física; transferencia de tecnología).
- Estilo de vida: patrones de consumo, dieta, valores.
- Medio ambiente y recursos naturales: uso de recursos fósiles; uso de recursos naturales; uso del suelo; fertilidad del suelo; productividad agrícola; contaminación ambiental; disponibilidad de agua.

<sup>1</sup> RCP 8.5: 1350 ppm (crecimiento); RCP 6.0: 850 ppm (estabilización 1); RCP 4.5: 650 ppm (estabilización 2); RCP 2.6: 450 ppm (declinación).

- Políticas e instituciones: cooperación internacional; estructuras del poder global; orientación de políticas ambientales; eficiencia de las instituciones; calidad de la gobernanza; disponibilidad de seguros.

Se elabora una matriz que provee las condiciones donde puede ser ubicado un escenario particular. Los dos ejes de la matriz representan los SSP y los niveles de forzamiento radiativo. Cada combinación de un SSP y un nivel de forzamiento radiativo definen una familia de escenarios a macro-nivel. Debido a que RCP presenta sólo especificaciones rudimentarias de las políticas de mitigación y muy poca información sobre políticas de adaptación, se introduce un tercer eje que combina RCP con supuestos políticos compartidos (SPA), que incluyen información adicional sobre políticas de mitigación (por sectores) y adaptación (por regiones). Para cada combinación de SSP, RCP y SPA existirá un número de posibles proyecciones de cambio climático, que se pueden juntar con los distintos modelos del sistema físico climático.

Los escenarios resultantes pueden ser usados en proyectos de investigación, o bien para evaluación integrada de la mitigación, la adaptación y los impactos climáticos residuales. Los investigadores IAV pueden emplear los escenarios para pronosticar impactos, explorar en qué grado las políticas de adaptación y mitigación pueden reducir dichos impactos, así como estimar los costos de la acción y de la falta de acción. También pueden elaborar proyecciones sobre la interacción del cambio climático con los objetivos de desarrollo económico o como afectarán los principales recursos naturales. Los investigadores de mitigación pueden usar los escenarios globales como “condiciones de frontera” para determinar los costos y la efectividad de la mitigación a nivel regional o local y la efectividad de la mitigación a nivel regional o local (como ordenamiento territorial o cambios en los sistemas energéticos).

#### 2.4.5 Estrategia de Comunicaciones del IPCC: logro del Buró

Para el AR5, de acuerdo con lo estipulado en la Estrategia de Comunicaciones, elaborada con base en los Lineamientos para una Estrategia de Comunicaciones del IPCC,<sup>2</sup> se han establecido los principios, la metodología y una lista tentativa de

---

<sup>2</sup> *Guidance on IPCC communications strategy*, mayo, 2011. Este documento fue elaborado en los años 2010-2011 por un grupo-objetivo bajo la copresidencia de México y Canadá (véase el apartado “Aportaciones de México en las actividades del Buró del IPCC, de este capítulo).

productos y actividades para comunicar y difundir de manera eficiente al AR5 y sus resultados.

### *Principios*

i) Objetividad y transparencia; ii) políticamente relevante, pero no prescriptivo de políticas; iii) basada en los Informes del IPCC; iv) reconociendo al IPCC como una organización única y específica; v) apropiada según el tiempo y el auditorio, y, vi) emite mensajes consistentes, lo que requiere disciplina y buena coordinación en la comunicación interna y la toma de decisiones en IPCC.

El enfoque de las estrategias de comunicación y difusión se basa en los siguientes elementos: un Informe tiene cuatro componentes: los informes de los tres grupos de trabajo y el informe de síntesis. Aun reflejando los diferentes contenidos y tiempos de emisión de estos componentes, el programa de comunicación y difusión del AR5 está enfocando al Informe como una unidad de manera coherente y consistente, abarcando en forma balanceada distintos auditorios y regiones, para reflejar las contribuciones de los grupos de trabajo como base para comunicar los resultados del AR5 de manera integrada:

*Proceso integrado de comunicación:* Los materiales y eventos de comunicación y difusión del AR5 se diseñarán e implementarán de manera que se complementen para presentar una serie bien estructurada y completa de acciones y eventos de comunicación.

*Balance:* Las actividades de comunicación deben ser balanceadas en términos de geografía, tipo de audiencia, lengua, así como disponibilidad de recursos.

*Lecciones de actividades anteriores:* Durante el proceso de elaboración del AR5 se han realizado varias actividades de comunicación y difusión de los resultados del Informe Especial sobre Energías Renovables y Mitigación del cambio Climático y del Informe Especial sobre Eventos Extremos. Estas experiencias y lecciones aprendidas se toman en cuenta en la elaboración de la estrategia de comunicación del AR5.

### *Objetivos*

De acuerdo con los Lineamientos para Estrategia de Comunicaciones, el programa de difusión del AR5 tiene como objetivo que el Informe sea reconocido en su

totalidad, así como los procesos de su realización. En particular, los objetivos del programa de comunicación y difusión son los siguientes:

- Elevar la aceptación y el entendimiento del Informe y sus principales conclusiones en la audiencia primaria del IPCC (gobiernos y creadores de políticas, incluyendo la UNFCCC).
- Asegurar que el AR5 sea accesible para las partes interesadas, incluyendo los medios de comunicación, y organizaciones que usarán el Informe como base para sus propias comunicaciones para acceder amplios auditorios (organizaciones observadoras del IPCC, la comunidad científica, el sector educativo, las organizaciones de la sociedad civil, el sector empresarial, y el público en general).
- Comunicar el proceso de preparación del AR5, así como el funcionamiento del IPCC, en general.
- Dar información de manera proactiva sobre el AR5 y responder las preguntas de los medios de comunicación.
- Responder de manera eficaz a las representaciones erróneas del IPCC y sus procesos.

## APORTACIONES DE MÉXICO EN LAS ACTIVIDADES DEL BURÓ DEL IPCC

En este apartado se presentan las principales actividades cuyo participe fue México por medio de su colaboración en el Buró del IPCC.

### **Copresidencia del Grupo-Objetivo para determinar el contenido y el guión del Informe de Síntesis del AR5**

En la Sesión 32 del IPCC, llevada a cabo en Busan, República de Corea, del 11 al 14 de octubre del 2010, fue creado el Grupo-Objetivo para elaboración del índice del Informe de Síntesis, presidido por México y Francia. En el grupo participaron 31 países miembro del IPCC. El principal logro de este Grupo-Objetivo fue incluir al SYR un recuadro sobre el Artículo 2 del UNFCCC, que relaciona la acción climática con el desarrollo sustentable.

## **Incorporación de nuevos capítulos al Quinto Informe Evaluativo**

A sugerencia de México, fueron incorporados dos nuevos capítulos al AR5 (Turismo y Océanos), que introducen temas de alta relevancia en cuanto a los impactos del cambio climático, así como en relación con la implementación de políticas de acción climática. Estos capítulos no se habían tratado en los Informes Evaluativos previos. La incorporación del sector turismo fue apoyada por varias economías en vías de desarrollo, debido a la importante derrama económica que genera este sector; también, algunos países industrializados con la industria turística altamente desarrollada apoyaron la propuesta (por ejemplo, Francia y España).

## **Organización de la III Reunión de Autores Líderes del Informe Especial sobre Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático (SRREN)**

En septiembre del 2010, se organizó en la Ciudad de México la tercera reunión de autores líderes del SRREN. La organización fue apoyada por el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático).

## **Organización de dos eventos de difusión del Informe Especial sobre Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático del IPCC (SRREN)**

En México se organizaron dos eventos de gran impacto para comunicar y difundir los resultados del SRREN. El primero se llevó a cabo en septiembre del 2011 en Tijuana, BC, organizado por el Colegio de la Frontera Norte (El Colef), UABCS, UABC. El SRREN fue presentado por dos vicepresidentes de Grupos de Trabajo del IPCC (uno del GT-II y uno del GT-III), un autor líder coordinador y un autor líder del SRREN. Se contó con amplia participación de representantes de la Dirección General de Energía y Actividades Extractivas de SEMARNAT, CEMDA, CRE y COCEF. Las presentaciones fueron transmitidas a los estados del noroeste de México y a los estados de sudeste de EEUU.

La segunda presentación del SRREN fue organizada como un panel dentro del Congreso Nacional de Cambio Climático, organizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, en la Ciudad de México. El Informe Especial fue presentado por un presidente y un vicepresidente del GT III del IPCC, un autor líder



coordinador y dos autores líderes del SRREN frente a un amplio auditorio de la comunidad académica.

### **Organización del Taller de Evaluación de la Vulnerabilidad y la Adaptación**

En mayo del 2012, se llevó a cabo, en México, el Taller Reuniendo la Comunidad Científica para Evaluar la Vulnerabilidad y la Adaptación. El objetivo de la reunión fue evaluar el conocimiento sobre aspectos socioeconómicos, institucionales y ambientales del cambio climático.

### **Copresidencia del Grupo-Objetivo para la Elaboración de Lineamientos para la Estrategia de Comunicaciones del IPCC**

El Grupo-Objetivo sobre la elaboración de Lineamientos para la Estrategia de Comunicaciones del IPCC fue creado en 2010 y sesionó a lo largo de dos años para presentar su Informe Final a la Plenaria del IPCC en noviembre 2011, en Abu Dhabi, Emiratos Unidos. Este grupo fue presidido por México y Canadá y contó con la participación de 23 países miembro del IPCC. El Grupo-Objetivo recibió felicitación especial por parte de la Plenaria del IPCC por los resultados de su trabajo.

En los Lineamientos para la Estrategia de Comunicaciones del IPCC (*Guidance on IPCC Communications Strategy*) la Plenaria decidió que “Las comunicaciones son un aspecto importante del trabajo del IPCC, esencial para su misión de proveer a los tomadores de decisión información científica balanceada y rigurosa sobre el cambio climático y sus impactos.” Con base en los Lineamientos fue aprobada la Estrategia de Comunicación, en junio del 2012, y el Plan de Implementación, en septiembre del mismo año.

De acuerdo con el *Plan de Implementación* de la Estrategia de Comunicaciones: “antes de la publicación de un Informe, se diseñará un plan de comunicación para realizar y administrar las siguientes comunicaciones” sobre el informe respectivo y proporciona detalles sobre el proceso de su preparación y autorización. Este plan fue implementado para la comunicación y difusión del AR5.

## A MANERA DE CONCLUSIÓN

El Informe del Grupo de Trabajo I del IPCC, emitido el 27 de septiembre del 2013 en Estocolmo, concluyó que es “*extremadamente probable* que la influencia humana haya sido la causa predominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX”. En todo el mundo se ve la influencia de los impactos climáticos, como las sequías, afectación de recursos hídricos, elevación del nivel del mar, amenazas por eventos extremos, afectación de la salud humana y escasez de alimentos, entre otros. Estos impactos no son sólo ambientales, sino también de gran relevancia para el desarrollo económico y social. Como fue resaltado en el Foro de Líderes Económicos en Davos, el 25 de enero de 2014, es necesario crear una visión global y cooperación internacional en la acción climática. En este contexto el rol del IPCC es de principal importancia, generando Informes Evaluativos oportunos y eficientes, así como Informes Especiales sobre temas de mayor relevancia para la mitigación, vulnerabilidad y adaptación. Para sus futuras actividades se contempla también la creación de Informes Regionales, con énfasis especial en las regiones y países de mayor vulnerabilidad.

México ha sido un miembro activo del IPCC desde su creación, tanto por la aportación de sus científicos en los Informes del IPCC, como por su participación en el Buró. Es importante también la labor que se está realizando por INECC como sede del punto focal del IPCC en México, y como participante en las conferencias de las partes del UNFCCC. Estas actividades tienen que fomentarse aún más, tanto para alcanzar excelencia científica en los temas relacionadas con el cambio climático, como para mantener y reforzar el papel de México en los foros académicos y políticos de acción climática a nivel mundial.

## DOCUMENTOS CONSULTADOS

Documentos de Trabajo del IPCC:  
Sesiones Plenarias y Sesiones del Buró en el periodo 2008-2014.

# LECCIONES PARA MÉXICO DEL QUINTO REPORTE DEL IPCC Y FORZADORES NATURALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO (RADIACIÓN SOLAR Y VOLCANISMO)

*Blanca Mendoza\* y Juan Manuel Espíndola\**

## LECCIONES PARA MÉXICO DEL GRUPO DE TRABAJO 1 DEL IPCC<sup>1</sup>

Este capítulo revisa primero los aportes científicos desarrollados por el Grupo 1 de Trabajo del IPCC que analizaba las bases científicas del cambio climático. Después, el trabajo hace una reflexión sobre los impactos en México y la falta de especialistas y estudiantes de posgrado en los estudios atmosféricos. En la segunda parte del trabajo, se analizan los forzadores naturales que han incidido en el pasado en la variabilidad climática como son el sol y el volcanismo y los compara con los forzamientos antropogénicos, producidos por las actividades humanas. Concluye que a partir de la Revolución industrial, pero sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial, los forzamientos humanos han alterado el clima en la tierra y seguirán alterándolo durante cientos de años más, aunque se reduzca el CO<sub>2</sub>.

El primer volumen del IPCC, elaborado por el Grupo 1 de Trabajo y entregado en 2013, consideró nuevas evidencias del cambio climático, basadas en múltiples análisis científicos independientes del sistema climático, que tomaron en cuenta archivos paleoclimáticos, estudios teóricos de procesos climáticos y simulaciones, así como modelos climáticos. En este primero volumen, participaron 209 autores y 50 revisores de 39 países. Llegaron a diversas conclusiones que muestran que el calentamiento del sistema climático está fuera de duda desde la década de los años 50 y entre 1880 y 2012, la temperatura superficial global se ha elevado en 0.85°C. La

---

\* Instituto de Geofísica, UNAM.

<sup>1</sup> Este subcapítulo fue elaborado sólo por Blanca Mendoza

concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, metano y óxido nitroso se ha incrementado a niveles sin precedente en los últimos 800,000 años y la causa principal es la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso del suelo. Para finales del siglo XXI se prevé un aumento promedio global de temperatura de 1.5°C relativa al promedio de 1850 a 1900. Sin embargo, el calentamiento continuará más allá del siglo XXI.

El océano ha absorbido cerca de 30% del CO<sub>2</sub> antropogénico, causando su acidificación. El océano se ha calentado en los primeros 700m desde 1971. El calor penetrará hasta la parte profunda y alterará la circulación oceánica. El nivel medio del mar se ha elevado aproximadamente 0.19 m por el deshielo del Ártico y Groenlandia, y es muy probable que, durante el siglo XXI, la cubierta de nieve y los glaciares continúen desapareciendo en el hemisferio norte por lo que aumentará el nivel del mar. El cambio climático persistirá por siglos, aun cuando las emisiones de CO<sub>2</sub> se suspendan lo cual significa que se requiere de una sustancial y sostenida reducción de los gases de efecto invernadero.

En México, entre 1850 y 2012 la temperatura se ha elevado en el noreste, centro y sur del país en aproximadamente 1°C, mientras que en el resto del territorio el incremento ha sido aproximadamente de 0.4°C. La precipitación entre 1901 y 2010 se ha incrementado en el norte y sur en 0.25 mm/año, mientras que en el centro del país ha disminuido en 2.5 mm/año. Durante el siglo XXI se pronostica que en todo el territorio nacional la temperatura se incrementará entre 1 y 1.5 °C y la precipitación disminuirá en 10% respecto a la actual. Hay que precisar, además, que los estudios climáticos sobre México son escasos y, por tanto, los resultados se basan en interpolaciones de datos de Estados Unidos de América, sobre todo para la parte norte del país. Es indispensable mejorar el monitoreo en todo México para poder evaluar el cambio climático regional y local y tener mejores modelos de estimaciones futuras de dicho cambio.

Estos estudios se enfrentan a limitantes importantes en México. Según Mendoza *et al.*, 2013, en 2012 existían 102 académicos dedicados a las ciencias de la atmósfera (tabla 3.1), estando el 76 por ciento en la UNAM, mientras que en ciencias de la Tierra hubo 756 científicos. Como conclusión, es imperante formar nuevos científicos. En 2012, había un total de 357 estudiantes activos de los cuales 20 estudiantes participaban en el posgrado de ciencias atmosféricas y de éstos 95 por ciento estudiaba en la UNAM (tabla 3.2).

Ante una larga campaña de empresas para poner en cuestión los datos del IPCC, dado que sus intereses productivos (petroleras, automotrices, aviación, etc.) se vieron afectados, es necesario comunicar al público en general los resultados obtenidos en el Quinto Reporte. Congresos, conferencias, radio, televisión y

**Tabla 1.** Número de académicos que desarrollaban investigación en ciencias de la atmósfera durante el año 2012

Institución	Número de académicos	Porcentaje del total
CICESE	6	6
UNAM	78	76
UV	13	13
Otros	5	5
Total	102	100

CICESE: Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada; UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México; UV: Universidad Veracruzana; Otros: CES-SON = Centro de Estudios Superiores de Sonora, IPICyT= Instituto Potosino de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, UABC = Universidad Autónoma de Baja California, UAM = Universidad Autónoma Metropolitana, UNISON = Universidad de Sonora.

**Tabla 2.** Número de estudiantes activos de posgrado en ciencias de la atmósfera durante el año 2012

Institución	Número de estudiantes	Porcentaje del total
UNAM	19	76
UV	1	13
Total	20	100

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México; UV: Universidad Veracruzana.

prensa eran los medios de difusión para el público, pero es también importante informar a los tomadores de decisiones en nuestro país para que las políticas se orienten a suplir la falta de conocimientos y la escasez de profesionales en el campo de estudios climáticos. Esto, sin duda, le dará la relevancia que se merece a la ciencia del cambio climático que se desarrolla en México a los ojos de este sector y redundará en un bien muy necesario. Finalmente, si el cambio climático en el presente preocupa a autoridades y población, los cambios en el futuro pudieran ser más severos, por lo que es necesario entender los forzamientos que inciden en estos cambios.

## FORZAMIENTO

Respecto a las proyecciones a futuro, en todos los escenarios la concentración de CO<sub>2</sub> es mayor en el año 2100 en relación con el presente. Las emisiones de los gases de efecto invernadero causarán aumento en el calentamiento y perturbarán todos los componentes del sistema climático (el ciclo del agua, la criosfera, el nivel del mar, algunos eventos extremos) en todas las regiones del planeta. Algunos de estos cambios muy probablemente no tendrán precedente en cientos o miles de años y persistirán por siglos, aun cuando las emisiones de CO<sub>2</sub> se detuviesen.

Los procesos o sustancias naturales o antropogénicos que alteran la energía del sistema atmosférico son causantes de cambios climáticos. El forzamiento radiativo (FR) cuantifica el cambio en los flujos de energía causados por cambios en estas sustancias o procesos. Cuando el forzamiento es positivo, se produce un calentamiento, si es negativo hay un enfriamiento.

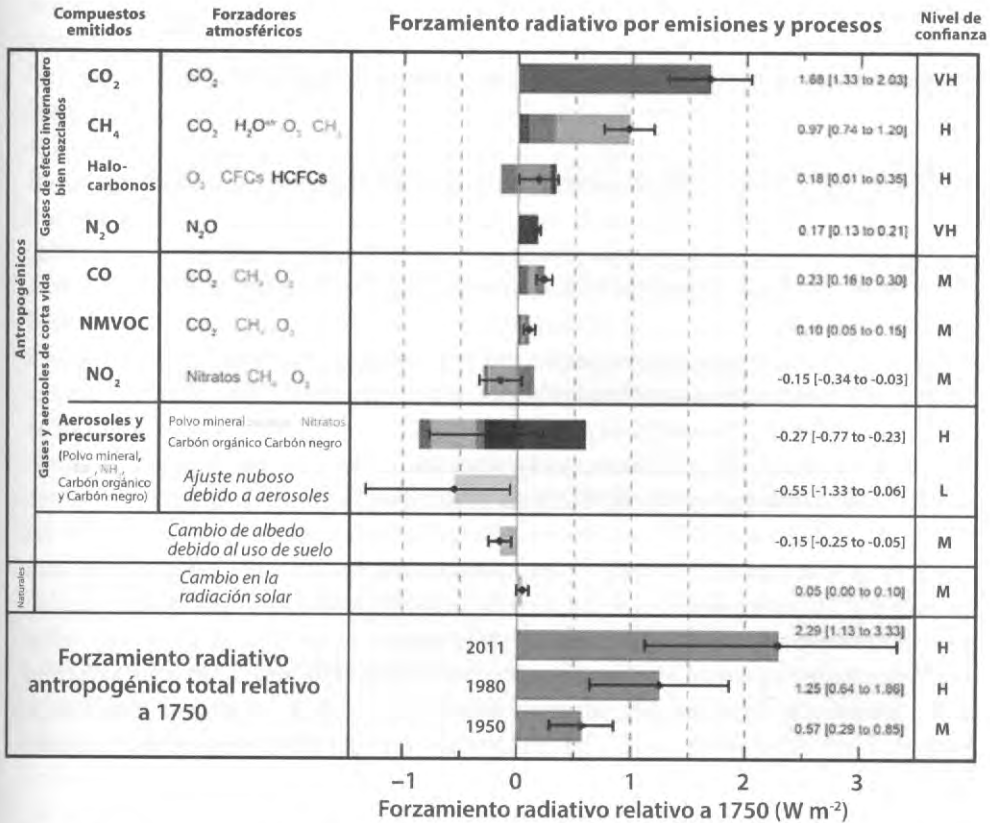
### Forzamiento solar

La radiación solar total (RST) es la cantidad de energía emitida por el Sol en todas las longitudes de onda (rayos X, ultra violeta, visible, infrarrojo) que recibe la Tierra en el tope de la atmósfera. Tiene variaciones que van desde miles de millones de años hasta minutos. Estas variaciones se deben principalmente al juego entre regiones oscuras (tales como manchas solares) y brillantes (tales como fáculas) en la fotosfera solar (p. ej. Foukal y Lean, 1988). Los cambios en la RST son uno de los forzadores naturales del clima.

La figura 3.1 indica que el forzamiento debido a cambios en la RST es de 0.05 (0.00-0.10) W/m<sup>2</sup>, aproximadamente el 2% del total antropogénico de 2.29 W/m<sup>2</sup> en 2011. Este forzamiento debido a la radiación solar, reportado en este Quinto Reporte del IPCC (AR5), ha disminuido a casi la mitad con respecto al Cuarto Reporte del IPCC (AR4), en donde el forzamiento entre 1750 y 2006 se calculó en 0.09 W/m<sup>2</sup> (IPCC, Climate Change, 2007).

Se tienen mediciones directas de la RST por satélites desde 1978 (Wilson y Mordvinov, 2003; Dewitte *et al.*, 2004; Fröhlich, 2006), las cuales muestran una clara periodicidad de 11 años, en fase con el ciclo de manchas solares. También es posible reconstruir la RST del pasado con base en observaciones de manchas solares desde el año 1610 (p. ej. Wang *et al.*, 2005; Krivova *et al.*, 2010). La reconstrucción de la RST en tiempos más remotos, se hace con base en la concentración de isóto-

Figura 1. Forzamiento radiativo en 2011 realtivo a 1750



Nota: El forzamiento está calculado en la tropopausa o en el tope de la atmósfera. Se incluye el nivel de confianza del forzamiento: VH-muy alto, H- alto, M-medio, L- bajo, VL-muy bajo (modificada del IPCC, Summary for Policymakers, 2013).

Fuente: IPCC, Summary for Policymakers (2013).

pos cosmogénicos producidos por rayos cósmicos galácticos en la atmósfera (p. ej. Steinhilber *et al.*, 2009; Delaygue y Bard, 2011); estos isótopos se depositan en diversos archivos naturales, tal es el caso del <sup>10</sup>Be obtenido de núcleos de hielo o el <sup>14</sup>C obtenido de los anillos de árboles, que nos permiten obtener la RST desde hace aproximadamente 10,000 años. Estas observaciones y reconstrucciones de la RST muestran que el Sol presenta periodos de varias decenas de años durante los

cuales su actividad puede ser menor o mayor a la normal (p. ej. Abreu *et al.*, 2008). A estos episodios se les conoce como mínimos o máximos seculares y contribuyen al enfriamiento y calentamiento del clima, respectivamente. El periodo de actividad mínima secular más antiguo del que se tiene buena información ha sido el llamado mínimo de Maunder, ocurrido entre los años 1645 y 1715. Ha habido mínimos seculares anteriores y posteriores al de Maunder. En particular los posteriores, el de Dalton, 1795-1823, y el Moderno, 1880-1930, muestran una disminución en la actividad solar y en particular en la radiación solar menos severas comparadas con la de Maunder (p. ej. Solanki y Krivova, 2004). Desde el mínimo de Maunder al presente, se observa que la RST ha aumentado (p. ej. Krivova *et al.*, 2010), este aumento ha causado un FR del mismo orden del que se observa entre el mínimo y el máximo del ciclo de 11 años, por lo que ha contribuido a elevar la temperatura del planeta en aproximadamente  $0.1^{\circ}\text{C}$ .

El AR5 de la misma manera que el AR4, también obtuvo el forzamiento radiativo entre el mínimo de Maunder y el presente. El AR4 encontró un forzamiento radiativo sustancial de entre  $0.08$  a  $0.22 \text{ W/m}^2$  para el periodo entre el mínimo de Maunder y el año 2005, y el AR5 calculó un forzamiento cuyo rango es similar,  $0.08$  a  $0.18 \text{ W/m}^2$  para el periodo entre los mínimos de Maunder y el de 2008. Este forzamiento positivo indica que la actividad solar ha tenido una tendencia a la alza desde el mínimo de Maunder hasta nuestros días.

Entre los mínimos de actividad solar de 1986 y 2008 que es el más reciente, se ha observado un forzamiento radiativo solar de  $-0.04$  ( $0.0$ - $0.08$ )  $\text{W/m}^2$  (IPCC, Summary for Policymakers, 2013), que junto con otras manifestaciones solares (p. ej. McComas *et al.*, 2008; Smith y Balogh, 2008), indica la posibilidad de que nuestra estrella se aproxime a entrar en un nuevo estado de actividad solar mínima secular. Hay trabajos que predicen que esto es en efecto el caso (Jones *et al.*, 2012) pero todavía la evidencia es muy débil, por lo cual es muy necesario desarrollar más investigaciones al respecto. Sin embargo, hay gran confianza en que los efectos de este posible mínimo secular durante el siglo XXI serán mucho menores que el antropogénico.

Como ya se mencionó, a partir de 1950 es muy claro que la contribución antropogénica haya dominado el forzamiento climático. Sin embargo, con respecto a la temperatura durante los últimos dos mil años, éste no ha sido el caso. El Resumen nos indica la existencia de dos grandes periodos conocidos como la Anomalia Climática Medieval (ACM) entre los años 950 y 1250 y la Pequeña Edad de Hielo (PEH), entre los años 1450 y 1850. El primer periodo presentó condiciones más cálidas comparadas con el segundo. Existe una gran confianza en que una combinación



de variabilidad interna del sistema climático con fenómenos tales como El Niño, y eventos volcánicos y de actividad solar influyeron en el diferente comportamiento entre la ACM y la PEH. En particular, para la PEH se considera que una combinación de volcanismo, baja actividad solar y una pequeña disminución de gases de efecto invernadero contribuyeron a las bajas temperaturas que se observaron. Como ya se mencionó, a partir de 1850 ha habido un claro aumento de temperatura.

Si se alteran las propiedades o cantidad de las nubes, se modifica el albedo terrestre, y, por tanto, se afecta al clima. Se ha propuesto que los rayos cósmicos galácticos (RCG) pueden crear iones atmosféricos que facilitan la nucleación de aerosoles y la formación de nuevas partículas modificando la formación de nubes (Dickinson, 1975). Cuando el Sol presenta una alta actividad, el campo magnético interplanetario adquiere una topología muy compleja y dispersa a los RCG, produciendo que entre un flujo menor en la Tierra. Para bajas condiciones de actividad solar tenemos la situación opuesta. Por tanto, mayor flujo de RCG implicaría mayor formación de nubes y viceversa. Al tener menos nubes hay mayor entrada de radiación solar y por tanto de calentamiento en la superficie terrestre y viceversa. La evidencia observacional, de experimentos en laboratorio y el modelado, indican que la ionización atmosférica producida por RCG sí puede promover la nucleación de aerosoles en la troposfera libre (p. ej. Kirkby, 2011; Merikanto *et al.*, 2009). Sin embargo, hay gran confianza en que este proceso no puede influir globalmente en la formación de núcleos de condensación nubosa de manera que afecte el clima significativamente (p. ej. Erlykin y Wolfendale, 2011; Harrison y Ambaum, 2010; Snow-Kropla *et al.*, 2011).

### Forzamiento volcánico

Las erupciones volcánicas son un fenómeno asombroso, pero desde ningún punto de vista inusual. Cada año ocurre en algún lugar de nuestro planeta alguna erupción volcánica aunque sea poco advertida por su baja intensidad o porque ocurrió bajo las aguas de los océanos. A lo largo de la historia de la Tierra, sin embargo, la ocurrencia de erupciones ha contribuido significativamente a esculpir su relieve y a modificar su clima. En efecto, las erupciones volcánicas pueden afectar el clima, con intensidades y duraciones diversas que dependen de la explosividad y naturaleza de los productos arrojados. Mason *et al.*, (2004) han compilado unas 44 erupciones ocurridas en los últimos 27.8 Ma, en las que se emitieron volúmenes comprendidos entre los 450 y 4,500 km<sup>3</sup> de roca densa equivalente. Parte de este material es frag-

mentado en partículas submilimétricas y junto con gases de diferente composición son inyectados en la atmósfera donde tienen un efecto significativo sobre el clima. En efecto, si el polvo volcánico es inyectado en la estratosfera puede permanecer allí por tiempos prolongados y al reflejar la luz solar puede provocar enfriamiento en amplias regiones de la Tierra. Los volcanes también emiten en mayor o menor grado dióxidos de azufre y carbono. El primero de estos gases reacciona con el agua en la atmósfera y produce pequeñas gotas (aerosoles) de ácido sulfúrico que son muy eficientes para reflejar la luz solar contribuyendo así al enfriamiento global. El tiempo de residencia de los aerosoles es mucho mayor que el de las partículas de polvo, por ejemplo, la erupción del volcán Pinatubo, en Filipinas, de 1991, que causó un descenso de la temperatura de alrededor de  $0.5^{\circ}\text{C}$  por cerca de 2 años, inyectó una cantidad de azufre en la estratosfera que sólo disminuyó a la mitad después de 6 años (Read *et al.*, 1993). El dióxido de carbono, por su parte, absorbe parte del calor emitido por la tierra y lo mantiene en la atmósfera por lo que su efecto es de calentamiento de la atmósfera del planeta.

Los efectos de una erupción volcánica en el clima han sido documentados a través de la historia. Por ejemplo, es muy posible que el periodo más frío en el hemisferio norte en los últimos 2,000 años haya sido producido por una erupción de grandes proporciones: los registros históricos consignan que en 536 dC, durante un periodo de 18 meses, la luz del sol fue tan drásticamente disminuida por una neblina que se arruinaron las cosechas y provocaron hambrunas globales. Existen evidencias en el crecimiento de los anillos de árboles muy antiguos que confirman estos registros históricos y la composición de estratos de esas fechas, en los hielos de los polos, confirma que en ese periodo existió una alta concentración de azufre en la atmósfera. No se sabe con precisión cuál pudo ser el volcán que causó el enfriamiento, por lo que no puede afirmarse sin lugar a dudas que ésta fuese la causa, sin embargo, otros volcanes han sido señalados por otros tantos efectos del mismo tipo; recientemente, Lavigne *et al.* (2013) encontraron evidencia de que el volcán Samalas en Indonesia fue el causante de una de las erupciones más importantes en cuanto a introducción de dióxido de azufre en la atmósfera. Esta erupción ocurrió en 1257 o 1258, y dejó su marca en el hielo polar, los anillos de crecimiento de los árboles y las crónicas medievales, que consignan que el año 1258 tuvo un verano inusualmente frío, con abundantes lluvias seguidas de inundaciones devastadoras y pobres cosechas. Se calcula que la erupción arrojó un mínimo de  $40 \text{ km}^3$  de tefra y formó una columna eruptiva estimada en 43 km.

Otras erupciones más cercanas a nuestro tiempo fueron las del Tambora en 1815, que emitió un volumen de  $50 \text{ km}^3$  y tuvo una columna eruptiva superior a los 40

km, por lo cual se considera como la más grande erupción histórica. La erupción introdujo tal cantidad de dióxido de azufre en la estratosfera que la temperatura promedio global descendió cerca de 1°C por lo que el año de 1816 fue llamado el «año sin verano» (Stothers, 1984). Una erupción con similares consecuencias, aunque menos conocida, es la de 1600, del Huaynaputina, en Perú, que ocasionó la gran hambruna de 1601-1603 en Rusia (Verosub y Lippman, 2008). La tabla 1 muestra la emisión de azufre y el cambio en la temperatura asociado de algunas erupciones históricas.

A pesar de la intensidad de la erupción del Tambora, no es la más grande que ha ocurrido en la historia del planeta, la geología nos revela erupciones mucho mayores. Hace 73,000 años ocurrió una de las más grandes erupciones de que se haya encontrado evidencia. Se trata de una gran erupción en el lago Toba, en Sumatra, Indonesia. Se piensa que esa erupción ocasionó un enfriamiento global a lo largo de mil años con un invierno que duró del orden de 10 años (Bekki *et al.*, 1996; Zielinski *et al.*, 1996; Oppenheimer, 2002; Rampino, 2002).

Parecería entonces que el volcanismo juega un papel de enfriamiento en el contexto global; sin embargo, las erupciones menos explosivas pero más persistentes asociadas con el volcanismo basáltico tienen un papel inverso, pues

Tabla 1

Erupción	Año de la erupción	Descarga de azufre (kg)	Cambio anual de temperatura (°C)
Agung (Indonesia)	1963	$9.3 \times 10^8$	-0.3
Laki (Islandia)*	1783	—	-1.0
Krakatoa (Indonesia)*	1883	$9.6 \times 10^8$	-0.3
Tambora (Indonesia)*	1815	$1.7 \times 10^{10}$	-0.7
Santa Helena (EUA)*	1980	$2.6 \times 10^7$	-0.1
Chichón (México)**	1982	$2 \times 10^7$	-0.2
Pinatubo (Filipinas)*	1991	$10 \times 10^{10}$	-0.6

Fuente: \* <<http://www.gso.uri.edu/lava/Climate/Climate1.html>>.

emiten CO<sub>2</sub> en mayor grado. Una gran parte de este tipo de volcanismo ocurre en el fondo del mar, a través de las cordilleras volcánicas submarinas. Huybers y Langmuir (2009) estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> subaéreas debidas a erupciones en una cantidad de entre 1,000 y 5,000 GT sobre el promedio después de una época de glaciación. En los continentes han ocurrido también erupciones volcánicas de gran magnitud.

Así pues, la actividad volcánica en nuestro planeta ha contribuido significativamente al cambio climático, pero su efecto a largo plazo es difícil de estimar debido al doble papel de las emisiones. Es muy posible que eventos muy explosivos, característicos de lavas reolíticas e intermedias produzcan enfriamientos por periodos de décadas (Jones *et al.*, 2005) mientras que las emisiones de magmas basálticos, más ricos en CO<sub>2</sub> contribuyan al incremento de los gases de invernadero a más largo plazo, pero de manera mucho menos significativa que el de otras fuentes.

## CONSIDERACIONES FINALES

La temperatura global superficial se ha incrementado aproximadamente 0.85°C de 1870 a 2010. En este incremento han contribuido los forzadores naturales tales como la actividad volcánica o la solar, así como la variabilidad natural interna del sistema climático, que se manifiesta en fenómenos tales como El Niño. Por otro lado, este aumento de temperatura no ha sido uniforme, pues depende de qué forzadores se encuentren prominentemente en operación. Es muy probable con más de 95% que el incremento de gases de invernadero observado entre 1951 y 2010 debido a la actividad humana haya causado las 2/3 partes (0.6°C y 0.7°C) del incremento observado en la temperatura superficial terrestre desde 1870.

Esto se puede ver por las siguientes contribuciones que influyeron en el aumento de la temperatura observado de 1951 a 2010:

- i) Gases de invernadero (0.5°C a 1.3°C), incluyendo el efecto de enfriamiento de los aerosoles.
- ii) Fenómenos naturales, considerando radiación solar y volcanes (-0.1°C a 0.7°C). Para el caso del Sol, las fluctuaciones de temperatura de aproximadamente 0.1°C se deben al cambio de la radiación solar total entre el máximo y el mínimo de actividad solar a lo largo del ciclo de 11 años.
- iii) Variabilidad interna del sistema (p. ej. El Niño) (-0.1°C a 0.1°C).

Nuevamente, en la figura 1 aparece el forzamiento radiativo estimado en 2011 relativo a 1750, que se considera el inicio de la era industrial. No se incluye el forzamiento debido a aerosoles estratosféricos producidos por erupciones volcánicas, debido a su carácter episódico. Sin embargo, cuando éste existe puede generar disminuciones de temperatura hasta de 0.7°C. La figura indica claramente que el forzamiento total antropogénico es de 2.29 W/m<sup>2</sup> entre 1750 y 2011 y dentro de éste, el CO<sub>2</sub> es el gas que más ha contribuido con 1.68 W/m<sup>2</sup>, representando aproximadamente el 73% de total.

El forzamiento solar, que es de 0.05 W/m<sup>2</sup> para este mismo periodo representa sólo aproximadamente 2% del forzamiento total antropogénico. Ello indica que en el cambio climático, los forzadores naturales que antes de la era industrial eran relevantes, actualmente juegan un papel menor, mientras que las actividades humanas y las emisiones de gases de efecto invernadero impactan mayormente en el cambio climático.

## REFERENCIAS

- Abreu, J., J. Beer, F. Steinhilber, S. Tobias y N. Weiss (2008). For how long will the current grand maximum of solar activity persist? *Geophys. Res. Lett.* 35, L20109.
- Bekki, S., J.A. Pyle, W. Zhong, R. Toumi, J.D. Haigh y D.M. Pyle (1996). The role of micro-physical and chemical processes in prolonging the climate forcing of the Toba eruption. *Geophysical Research Letters*, 23: 2669-2672.
- Delaygue, G. y E. Bard (2011). An Antarctic view of Beryllium-10 and solar activity for the past millennium. *Clim. Dyn.*, 36: 2201-2218.
- Dewitte, S. D., Crommelynck, S. Mekaoui y A. Joukoff (2004). Measurement and uncertainty of the long-term total solar irradiance trend. *Solar Phys.* 224: 209-216.
- Dickinson, R. (1975). Solar variability and lower atmosphere. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 56: 1240-1248.
- Erykin, A. y A. Wolfendale (2011). Cosmic ray effect on cloud cover and their relevance to climate change. *J. Atmos. Sol. Terres. Phys.* 73: 1681-1686.
- Foukal, P. y J. Lean (1988). Magnetic modulation of solar luminosity by photospheric activity. *Astrophys. J.*, 328: 347-357.
- Fröhlich, C. (2006). Solar irradiance variability since 1978-Revision of the PMOD composite during solar cycle 21. *Space. Sci. Rev.* 125: 53-65.
- Harrison, R. y M. Ambaum (2010). Observing Forbush decreases in cloud at Shetland. *J. Atmos. Sol. Terres. Phys.* 72: 1408-1414.

- Huybers y Langmuir (2009). Feedback between deglaciation, volcanism, and atmospheric CO<sub>2</sub>. *Earth and Planetary Science Letters*, 286: 479–491.
- IPCC, Summary for Policymakers. In: *Climate Change (2013). The Physical Science Basis. Contributions of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stoker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.
- IPCC, *Climate Change (2007). The Physical Science Basis. Working Group I Contributions to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M. M. B. Tignor, H. L. Miller jr., Z. Chen (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, y Nueva York: 189-192, 2007.
- Jones, G., M. Lockwood y P. Stott (2012). What influence will future solar activity changes over the 21st century have on projected global near-surface temperature changes? *J. Geophys. Res.*, 117: D05103.
- Jones, G.S., Gregory J. M., Stott, P.A., Tett, S.F.B., Thorpe, R.B. (2005). An AOGCM simulation of the climate response to a volcanic super-eruption. *Climate Dynamics*, 25, núms. 7-8: 725-738, diciembre.
- Kirkby, J. (2011). Role of sulphuric acid, ammonia and galactic cosmic rays in atmospheric aerosol nucleation. *Nature*, 476: 429-433.
- Krivova, N., L. Vieira y S. Solanki (2010). Reconstruction of solar spectral irradiance since the Maunder minimum. *J. Geophys. Res.*, 115, A12112.
- Lavigne, F., Degeai, J.-P., Komorowski, J.-C., Guillet, S., Robert, V., Lahitte, P., Oppenheimer, C., Stoffel, M., Vidal, C.M., Suroño, Pratomo, I., Wassmer, P., Hajdask, I., Hadmoco, D.S., de Belizal, E. (2013). Source of the great A.D. 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani Volcanic Complex, Indonesia. *Proc.Nat.AS.*, 110: 16742–16747.
- McComas, D., R. Ebert, H. Elliott, B. Goldstein, J. Gosling, N. Schwadron y R. Skoug (2008). Weaker solar wind from the polar coronal holes and the whole Sun. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L18103.
- Mason, B.G., D.M. Pyle y C. Oppenheimer (2004). The size and frequency of the largest observed explosive eruptions on Earth. *Bulletin of Volcanology*, 66, núm. 8, diciembre: 735-748.
- Mendoza, B., X. Blanco, A. Iglesias, A. Jazcilevich, J. Rosas, A. Trasviña y J. Zavala-Hidalgo (2013). Datos preliminares sobre recursos humanos en Ciencias de la Tierra. *GEOS*, 22, núm. 2: 1-3.
- Merikanto, J., D. Spracklen, G. Mann, S. Pickering y K. Carslaw (2009). Impact of nucleation on global CCN. *Atmos. Chem. Phys.*, 9: 8601-8616.

- 16667
- Oppenheimer, C. (2002). Limited global change due to the largest known quaternary eruption, Toba 74 kyr BP? *Quaternary Science Reviews*, 21: 1593-1609.
- Rampino, M.R. (2002). Supereruptions as a threat to civilizations on Earth-like planets. *Icarus*, 156: 562-569.
- Read, W.G., L. Froidevaux y J.W. Waters (1993). Microwave limb sounder measurements of stratospheric SO<sub>2</sub> from the Mt. Pinatubo eruption. *Geophysical Research Letters*, 20: 1299-1302.
- Smith, E. y A. Balogh (2008). Decrease in heliospheric magnetic flux in this solar minimum: Recent Ulysses magnetic field observations. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L22103.
- Snow-Kropla, E., J. Pierce, D. Westervelt y W. Trivitanurak (2011). Cosmic rays, aerosol formation and cloud-condensation nuclei: Sensitivities to model uncertainties. *Atmos. Chem. Phys.*, 11: 4001-4013.
- Solanki, S. y N. Krivova (2004). Solar irradiance variations: From current measurements to long-term estimates. *Sol. Phys.*, 224: 197-208.
- Steinhilber, F., J. Beer y C. Fröhlich (2009). Total solar irradiance during the Holocene. *Geophys. Res. Lett.* 36, L19704.
- Stothers, R. B. (1984). The great Tambora eruption in 1815 and its aftermath. *Science*, 224 (4654): 1191-1198.
- Verosub, K.L. y J. Lippman (2008). Global impacts of the 1600 eruption of Peru's Huaynaputina volcano. *EOS*, 89, 15, 8, abril: 141-142.
- Wang, Y., J. Lean y N. Sheeley (2005). Modeling the Sun's magnetic field and irradiance since 1713. *Astrophys. J.*, 625: 522-538.
- Wilson, R. y A. Mordvinov (2003). Secular total solar irradiance trend during solar cycles 21-23. *Geophys. Res. Lett.*, 30: 1199.
- Zielinski, G.A. et al. (1996). Potential atmospheric impact of the Toba mega-eruption 71,000 years ago. *Geophysical Research Letters*, 23, 8: 837-840.

BIBLIOTECA

# MITIGACIÓN Y EL CUMPLIMIENTO DE LOS COMPROMISOS DE MÉXICO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

---

*Xochitl Cruz Núñez\**

## INTRODUCCIÓN

El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, 1998) estableció el compromiso de los países del denominado Anexo 1, los países desarrollados, para llevar a cabo acciones de mitigación de sus emisiones de gases de efecto invernadero. De entonces a la fecha, en las numerosas Conferencias de las Partes (COP), los países han ratificado y rectificado sus compromisos. México, como parte de los países No-Anexo I, no tiene compromisos obligatorios de cumplimiento. Sin embargo, desde 1990 ha participado activamente en las reuniones de “las partes” (los países) y ha presentado voluntariamente las Comunicaciones Nacionales, documentos que dan cuenta de los avances en materia de cambio climático que presentan los países del Anexo I y cuya presentación para los No-Anexo I no es una obligación.

El compromiso mundial tiene la meta de no sobrepasar 2°C (o 1.5) de temperatura promedio global respecto a la temperatura pre-industrial (UNFCCC, 2012). Una pregunta al aire es si a) los países cumplirán con los compromisos contraídos y b) si aun cumpliendo con los compromisos se logrará la meta de no sobrepasar la temperatura meta (UNEP, 2014). Roelfsema y sus colaboradores (2014) concluyeron, después de un concienzudo análisis de las políticas planteadas por diversos países, que algunos trabajan para superar los compromisos contraídos tales como India, China y Rusia, mientras otros lograrán las metas condicionales pero no

---

\* Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar, Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), UNAM.



las incondicionales, como Australia o la Unión Europea, y, en otros, como Japón o Brasil, no hay claridad de si se puedan alcanzar las metas individuales. Höhne *et al.* (2012) en un análisis basado en los *Emission gap report* concluye que no se alcanzarán las metas globales como ha concluido el Reporte mismo.

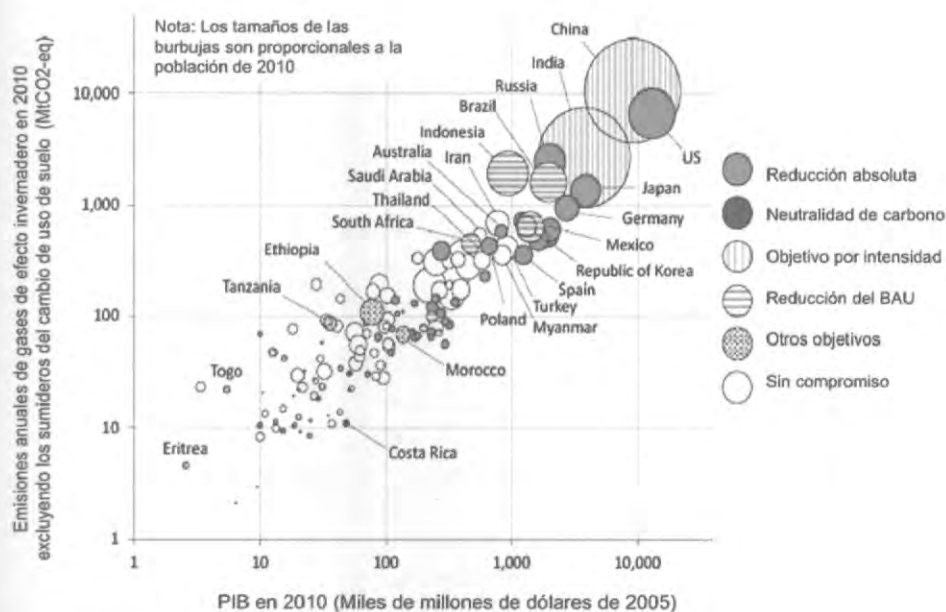
A la fecha, México ha presentado cinco Comunicaciones Nacionales en las que se ha dado cuenta de su inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, de las medidas de mitigación realizadas y pretendidas y de las acciones para la adaptación, entre otros. Además, en las diferentes Conferencias de las Partes (COP) México ha establecido compromisos de importancia internacional para la reducción de sus emisiones en materia de gases de efecto invernadero. Como ejemplo, en la reciente cumbre de Nueva York el 25 septiembre de 2014 que reunió a más de 100 jefes de estado (incluido el de México) y más de 800 representantes de diferentes empresas, organizaciones no gubernamentales, jefes de ciudades, etc. Se alcanzaron importantes acuerdos, resumidos por el jefe de las Naciones Unidas, Ban Ki-Moon (UNFCCC, 2014). En dicha reunión, la representación de México declaró que “en 2018 el 34 por ciento de la capacidad de generación de electricidad sea a partir de energías renovables y tecnologías limpias y con ello más de una cuarta parte de toda la energía eléctrica del país provenga de fuentes bajas en carbono”. (UN, Climate Summit, 2014).

La cuestión que se pone en la mesa en este escrito es si México podrá cumplir con sus compromisos. Estas metas requieren de mucho más que discursos en los foros internacionales, requieren de una acción inmediata y definitiva que cubre desde la inversión y dedicación política hasta la educación y transformación de la manera de vivir de toda una sociedad.

México ha comprometido ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC) la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30 por ciento para el año de 2020, respecto del escenario de tendencia o BAU (*business as usual*) y de 50 por ciento para el año 2050, respecto de las emisiones del año 2000. Sin embargo, respecto del compromiso para reducir las emisiones para el año 2020 como parte de la denominada tendencia “*business as usual*” (BAU), el Estado mexicano ya especificó que la meta será *móvil*, a manera de hacer flexible el compromiso de acuerdo con la revisión de su línea base o de referencia (Briner y Prag, 2013). La figura 1 presenta los compromisos adquiridos por algunos países y los términos en que se fijaron.

Se espera que en la COP 21, a llevarse a cabo en 2015, un nuevo acuerdo internacional se firme en el que todos los países participen para dirigir los esfuerzos

Figura 1. Compromisos adquiridos por los países de la OCDE para 2020 y sus términos



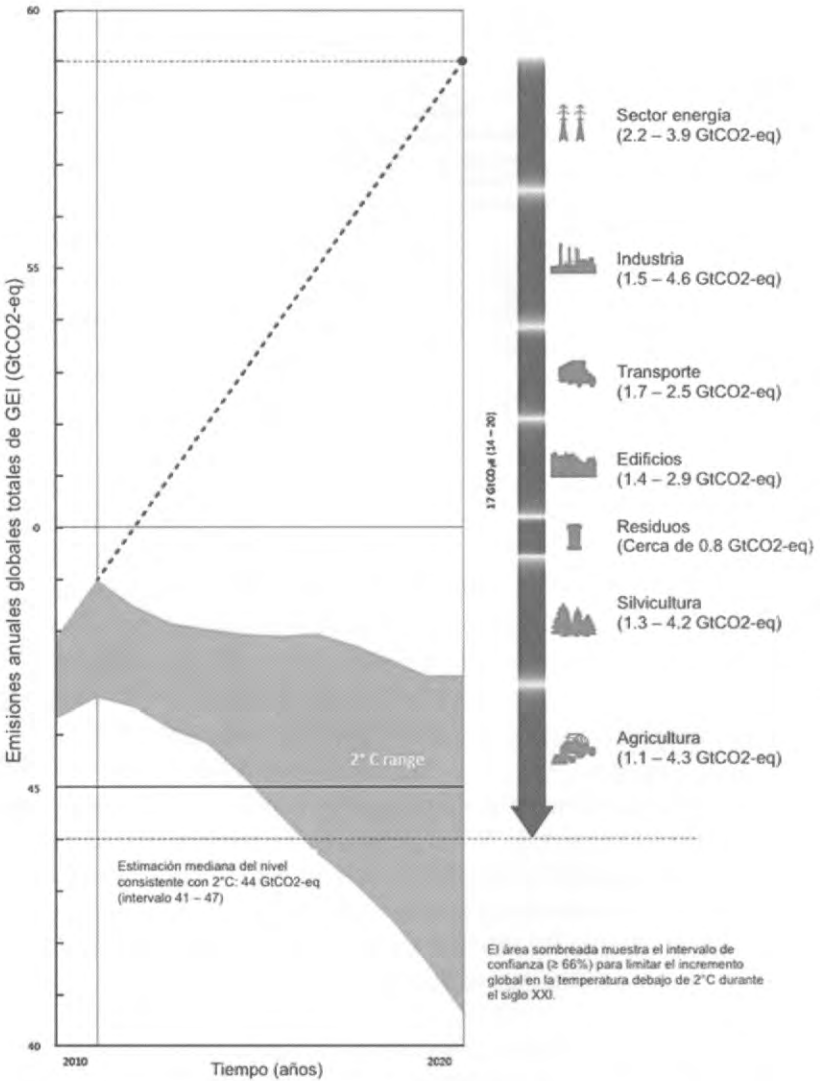
Fuente: Briner y Prag (2013).

de mitigación, adaptación, finanzas, tecnología, construcción de capacidades y transparencia que entrará en vigor en 2020 (UNFCCC, 2014).

La figura 2 presenta la magnitud del “gap” o la brecha existente entre la meta global de estabilizar la temperatura del planeta en 2°C respecto de la temperatura preindustrial para finales del siglo XXI. Se observa que el pico de emisiones debió haberse alcanzado alrededor de 2011 con un conjunto de medidas para reducir las emisiones a un máximo de 47 Gton CO<sub>2</sub>-eq por año. La figura muestra, además, las reducciones que deberán realizarse en los diferentes sectores para lograr alcanzar la meta.

En la figura 2, se observa que las emisiones globales deberán encontrarse dentro de la región azul dentro de la gráfica, con el fin de no superar la temperatura global de 2°C de promedio global. La línea punteada muestra la tendencia de las emisiones mundiales. Se concluye que para alcanzar los límites propuestos se deben instrumentar medidas radicales para reducir las emisiones de los compuestos de efecto invernadero.

Figura 2. La magnitud del problema



Nota: Para encontrar estabilización en los dos grados centígrados de temperatura media mundial se requiere una disminución de las emisiones que debió haber alcanzado un pico para 2011 para encontrarse entre 40 y 47 Gton CO<sub>2</sub>-eq en 2020. Las flechas de la derecha indican el porcentaje de reducción que cada uno de los sectores emisores deberán contribuir en la reducción global de emisiones para reducir la brecha.

Fuente: UNEP (2013).

## LOS COMPROMISOS DE MÉXICO Y SU CUMPLIMIENTO

En la administración presente se han estrenado diferentes instrumentos normativos en materia de cambio climático (La Ley General de Cambio Climático, la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 20-40, entre otros) aunque en ellos no se ha plasmado un plan de acciones concretas para la adopción de las medidas de mitigación.

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) de la administración de Felipe Calderón, que terminó en 2012, fue sustituido por los diferentes instrumentos publicados en la actual administración. Aún cuando el objetivo de la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 20-40 (ENCC) es "...el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbón" (ENCC, 2013) en el alcance se lee "...la Estrategia no es exhaustiva y no pretende definir acciones concretas de corto plazo ni con entidades responsables de su cumplimiento".

La capacidad de hacer flexible la referencia para la reducción de emisiones, recientemente comunicada por el gobierno mexicano, es una manera fácil de mover los compromisos anteriormente prometidos. Por ello se requiere establecer metas claras, con toneladas reducidas o sumideros garantizados. En términos de crecimiento, debe desacoplarse el PIB de las emisiones energéticas y deben iniciarse ya la introducción de energías renovables como fue comprometido por el gobierno mexicano en la reunión de noviembre de 2014. Los sectores que emiten gases de efecto invernadero y forzantes climáticos de vida corta son los siguientes:

- Industria
- Edificios
- Transporte
- Energía
- Residuos sólidos
- Agricultura
- Habitacional (quema de biomasa en cocinas rurales, ladrilleras, etc.).
- Uso de suelo, cambio de uso de suelo y bosques.

Del inventario de emisiones se deberá estimar las fuentes clave, es decir, aquellas fuentes de emisión que emiten la mayor cantidad de emisiones para empezar disminuyendo la mayor cantidad de emisiones. Además, los sectores con tendencia

ascendente importante, como las emisiones de las aguas residuales, deberán ser atendidas prioritariamente.

En México, el consumo de energía a escala nacional crece desde 1990. Las emisiones de dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{-eq}$ ) asociadas con el consumo de energía crecen de manera paralela, como se muestra en la figura 3.

De dicha tendencia, la contribución de cada sector es la que se muestra en la figura 7. Se observa el crecimiento regular de todas las actividades de generación lo que refleja, en conjunto, una carencia de medidas eficientes para desacoplar la generación de emisiones del uso de energía. México ya había anteriormente establecido una serie de medidas de mitigación que se incluyeron en el Programa Especial Cambio Climático en 2009: “La completa instrumentación del Programa logrará una reducción anual total de 51 millones de toneladas de  $\text{CO}_2\text{-eq}$  para 2012” con respecto al escenario BAU. Una meta de mitigación del PECC era la siguiente:

Objetivo 2.3.9. Reducir la incidencia de incendios forestales provocados por quemas agropecuarias y forestales. Meta M.79 Reducir la superficie promedio afectada por incendio forestal para lograr que no rebase 30 ha por evento: 2.63  $\text{MtCO}_2\text{e}$  (2009-2012); 0.49  $\text{MtCO}_2\text{e}$  /año (en 2012).

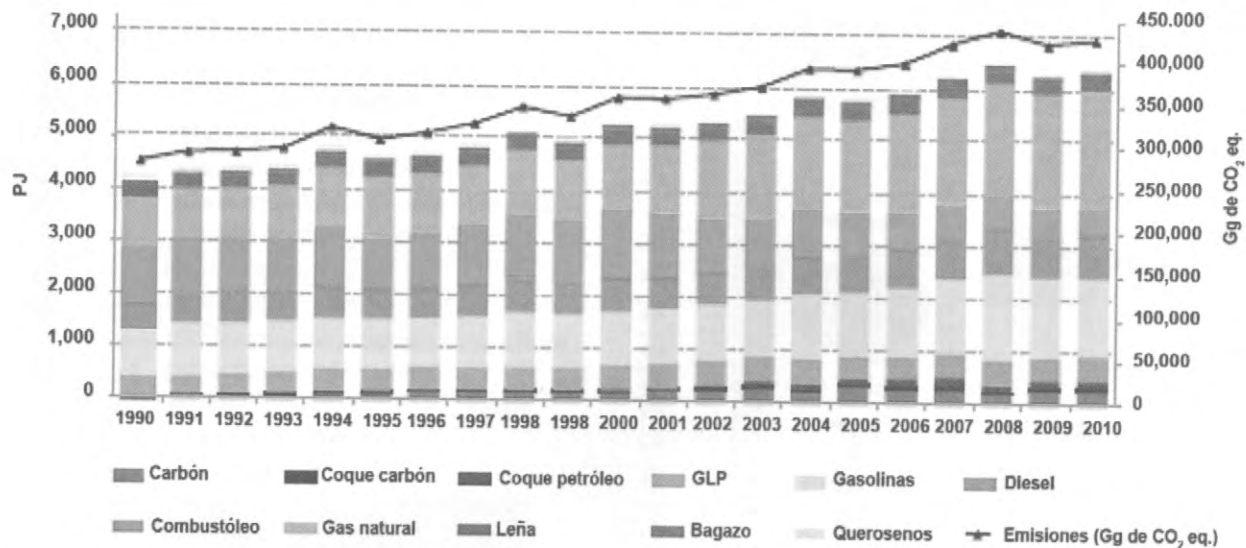
Paradójicamente, los incendios silvestres y forestales mayores de 30 ha fueron los mayores de los últimos años en 2012 (Cruz-Núñez *et al.*, 2014). Sin embargo, un estudio (IMCO-DNV, 2012) muestra calificaciones altas a algunas medidas seleccionadas de las medidas de mitigación establecidas en el PECC, con información proporcionada por Semarnat y otras dependencias. La figura 4 ilustra el éxito de las medidas de mitigación del PECC de acuerdo con IMCO-DNV (2012).

## FORZANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA Y LAS ACCIONES INMEDIATAS

Hace relativamente poco tiempo, el carbono negro fue reconocido como un importante contaminante de efecto invernadero con propiedades tanto directas como indirectas al cambio climático, entre las que destaca su capacidad de derretir las capas de hielo polares y de los glaciares (Ramanathan y Carmichael, 2008; Bachmann, 2009; UNEP, 2011; USEPA, 2012).

Las emisiones de carbono negro en México provienen principalmente de la quema de biomasa y los vehículos a diésel (Cruz-Núñez 2014; Jazcilevich *et al.*

Figura 3. Tendencia nacional en el consumo energético y la generación de dióxido de carbono asociada, de 1990 a 2010



Fuente: INECC (2012).

Figura 4. Estado de cumplimiento de 22 medidas de mitigación del Programa Especial de Cambio Climático

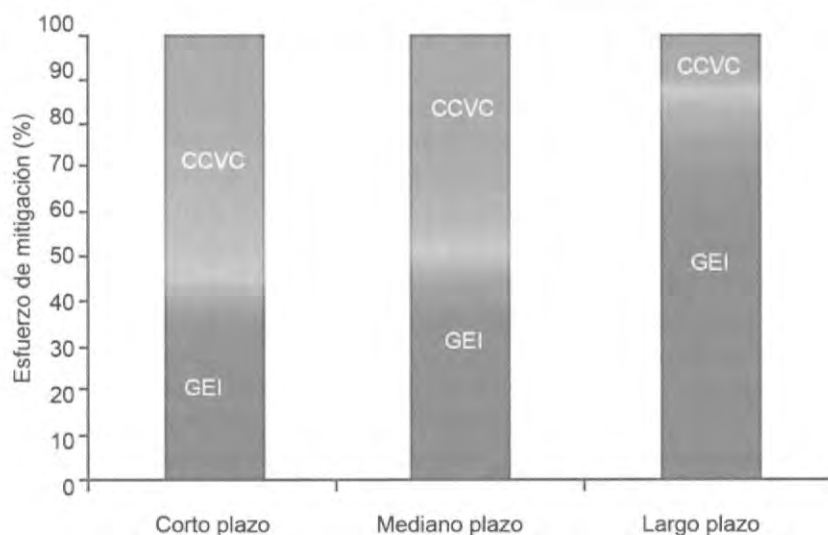


Fuente: DNV (2012).

2012) y brindan un excelente potencial de mitigación con una inversión relativamente modesta, y con cobeneficios importantes, principalmente a la salud y la calidad del aire (IPCC, 2014). La ENCC ha considerado la mitigación de los forzantes climáticos de vida corta en un proyecto de reducción de emisiones en diferentes plazos de acuerdo con la figura 5. En la figura se observa el esfuerzo de mitigación a realizar en los plazos corto y mediano con un mayor aporte por la reducción de los forzantes climáticos de vida corta y, en el largo plazo, los esfuerzos son mayores en la reducción de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, no se plantean metas claras de reducción.

Establecer en el corto plazo acciones de reducción de los forzantes de vida corta es excelente debido a que se invierte muy poco con beneficios y cobeneficios importantes pero no resuelve el problema de la emisión de los contaminantes importantes de efecto invernadero tales como el CO<sub>2</sub>. Además, hay acciones que requieren de esfuerzos no solamente económicos sino de educación, de acción social, comunicación con la industria, de coordinación estatal, etc. que requieren de una acción inmediata para que surta los efectos de mitigación que se han comprometido.

Figura 5. Acciones en el corto, mediano y largo plazos para la mitigación de los forzantes del clima de vida corta (CCVC) y los gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo con la ENCC (2013)



Fuente: ENCC (2013).



## ¿SE LOGRARÁ LA META ESTABLECIDA PARA 2020 CON LA POLÍTICA ACTUAL?

La figura 6 esquematiza los compromisos contraídos por México para 2020 y 2050. Puede verse el gran esfuerzo que debe hacerse para alcanzar las reducciones que se pretende. Lograr la reducción planteada implica haber iniciado la disminución de emisiones en 2010. La figura 7 muestra claramente que las emisiones siguen aumentando.

En la Quinta Comunicación Nacional se presentó la evaluación de algunas medidas de mitigación. En el abanico de opciones de mitigación para 2020 se encuentran las de la figura 8. Se realizarán o no estas medidas es algo que permanece aún en el tintero.

La organización *Climate Action Tracker* hizo una evaluación del desempeño de los países en relación con los compromisos. La figura 9 es muy parecida a la figura 6, aunque señala los alcances de reducción de las emisiones con la política actual de mitigación. Puede observarse, de la figura 9, que la banda azul de la gráfica corresponde a la reducción de emisiones que se lograría si se instrumentaran al cien por ciento las acciones de mitigación que ha propuesto México; esta reducción se encuentra muy por encima de los compromisos contraídos tanto para 2020 como para 2050, señalados con bolitas negra y roja, respectivamente.

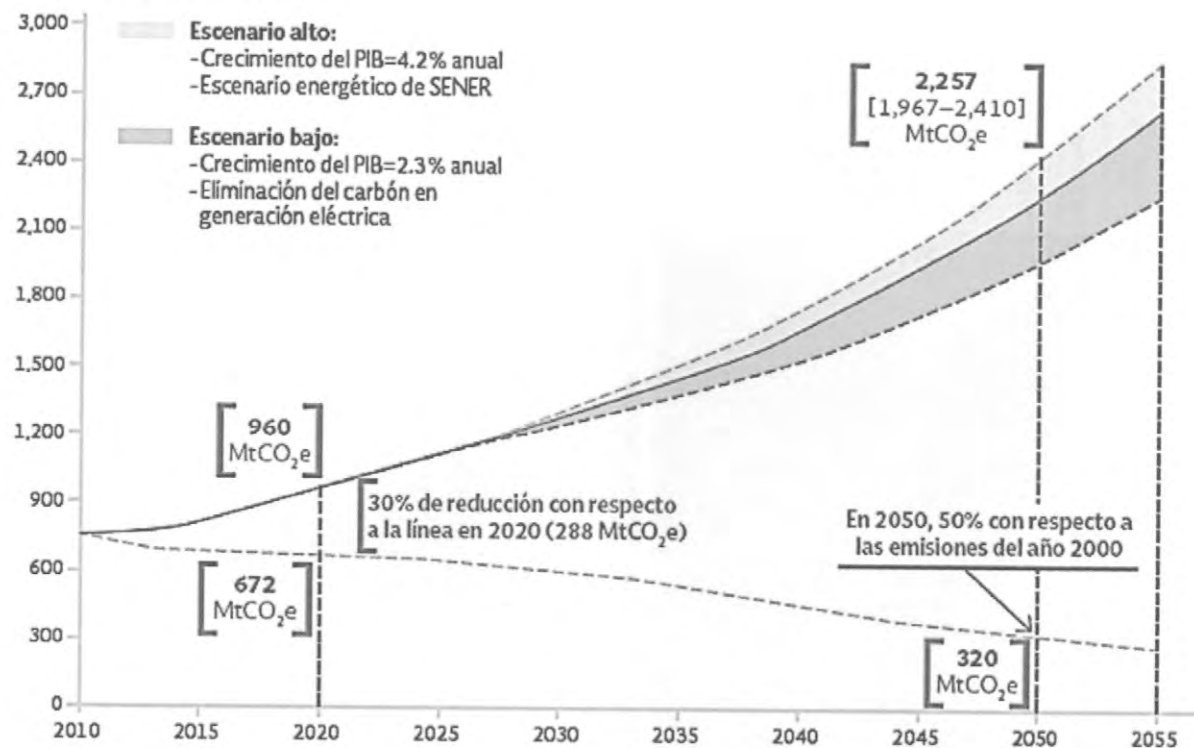
Así, en la evaluación de *Ecofys y Climate Analytics* (2012) se presenta una tabla resumen con la insuficiencia de las medidas propuestas por el gobierno mexicano. Con una metodología específica que contiene análisis a corto, mediano y largo plazo e indicadores como cambio en la actividad, la eficiencia energética, las emisiones bajas en carbono y otros, se califican de una manera análoga a las matrices de impacto ambiental de Leopold, con calificaciones de 0 a 4 y de -4 a 0, dependiendo de las incentivos o las barreras de instrumentación. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos. Estos resultados se refieren a un estudio publicado en 2012, en el que no se habían considerado los cambios debidos a las reformas del gobierno de Peña Nieto ni los documentos y legislación rectores de la política en materia de cambio climático de su administración.

Otra evaluación de los compromisos de mitigación de las economías que constituyen el 70 por ciento de las emisiones mundiales concluyó, respecto de México, que es “improbable que cumpla con los compromisos establecidos con las políticas implementadas en la actualidad” (Roelfsema *et al.*, 2014). Interesante resulta que algunos países como la India y China superarán sus compromisos con base en la actual implementación de sus políticas de mitigación.

Figura 6. Compromisos establecidos por México ante la UNFCCC

### Emisiones de GEI (MtCO<sub>2</sub>e)

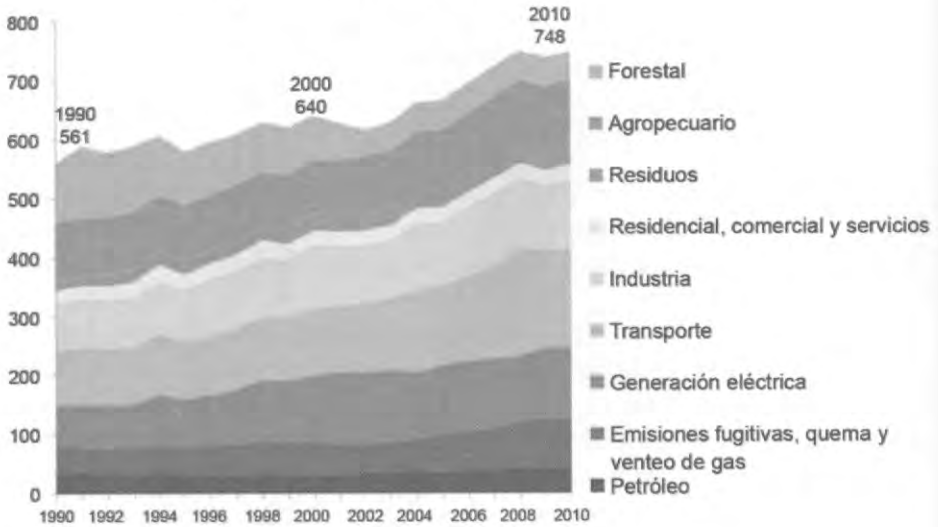
Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e



Fuente: ENCC (2013).

Figura 7. Tendencia nacional de emisiones de dióxido de carbono por sector, 1990-2010

Emisiones de GEI (MtCO<sub>2</sub>e) Millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente

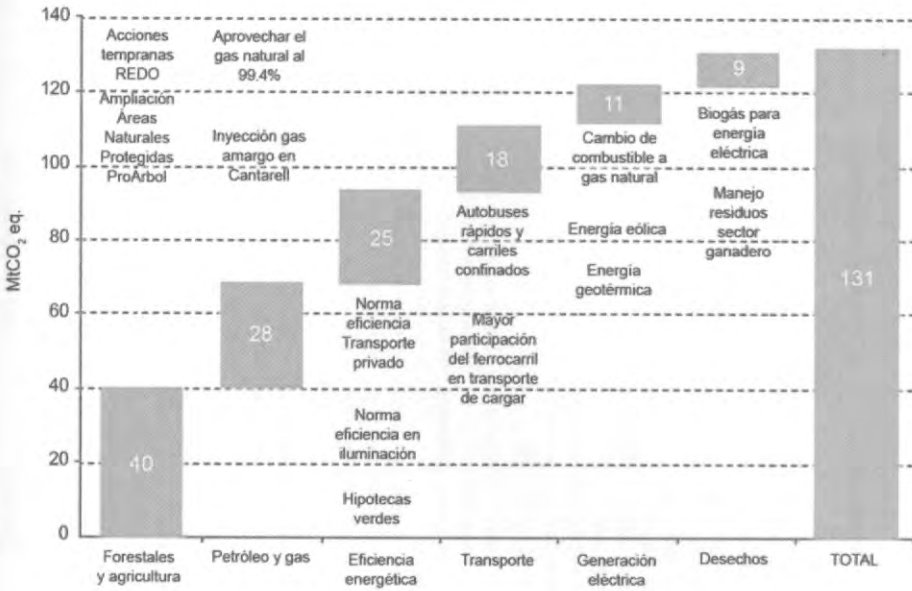


Fuente: ENCC (2013).

Las estrategias de mitigación, en general, deben elegirse de manera que comprendan un conjunto coherente de medidas, de ser posible sinérgicas, que presenten opciones factibles, cuantificables y se elegirán aquellas que presenten cobeneficios en materia de salud, calidad del aire y mejoría de la calidad de vida en su instrumentación. La determinación del conjunto óptimo de opciones de mitigación debe considerar las posibles interacciones entre diferentes medidas, su sinergia o exclusión y los cobeneficios y riesgos de la adopción de ese conjunto específico de medidas.

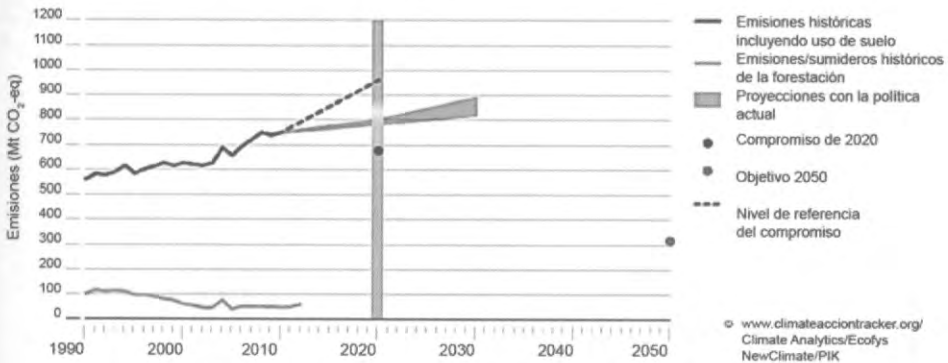
Se dice que la mitigación y la adaptación son complementarias: mientras más se mitigue menos adaptación se requerirá por cualquier sistema y viceversa, a menos mitigación, más adaptación. Este juego de medidas adaptativas de mitigación puede interpretarse como un pretexto para dejar de mitigar. El dilema de la mitigación/adaptación ha sido abordado por diversos autores (Zemel, 2015; Smit *et al.*, 2000; Konrad y Thum, 2014). México ha puesto gran parte de su esfuerzo en las acciones de adaptación y requiere, ya, de una política clara y contundente de mitigación.

Figura 8. Opciones de mitigación para 2020 de acuerdo con el INECC (2012)



Fuente: INECC (2012).

Figura 9. Compromiso de México y proyecciones con la política actual de mitigación



Fuente: Traducido de <www.climateactiontracker.org/Climate Analytics/Ecofys/NewClimate>.

Tabla 1. Insuficiencia de las medidas de algunos sectores

	Cambio en la actividad	Eficiencia energética	Renovables	Bajo nivel de carbono	Otros
General	Acciones y estrategia definidas más allá del 2012				
Suministro de electricidad		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin incentivos para incrementar la eficiencia de las centrales de combustibles fósiles (p. ej., normas de rendimiento, impuestos sobre energía y CO<sub>2</sub>, comercialización de emisiones...).</li> <li>• Sin aumento del desarrollo de la red y esfuerzos adicionales para reducir las pérdidas de distribución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin respaldo activo de la generación de electricidad con fuentes de energía renovables diferentes a la producción para el uso propio.</li> <li>• Sin respaldo activo de la diversificación de tecnologías de energía renovable.</li> <li>• Sin estrategia de inversión y desarrollo para la estructura de red orientada a RE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin políticas, mecanismos de financiación ni estrategias que respalden el creciente uso de la CCS para el carbón y la biomasa.</li> </ul>	
Industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen políticas para respaldar el aumento de la eficiencia de materiales, larga vida útil del producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay incentivos directos para la eficiencia energética, por ejemplo, a través de acuerdos voluntarios, certificados blancos, comercialización de las emisiones o impuestos sobre la energía y el CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin respaldo directo a la energía renovable.</li> <li>• Sin marco para una biomasa sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin incentivos para la CCS de emisiones de carbón, gas, biomasa y proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos, aunque no incentivos, para reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> del petróleo, gas y desechos, así como de gas.</li> </ul>
Edificios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La iniciativa (DUIS) tiene que integrar de forma sólida los requisitos de la eficiencia energética y del uso de energías renovables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe ningún código nacional obligatorio sobre la eficiencia energética de edificios.</li> <li>• Los préstamos ofrecidos para nuevos edificios y para modernizaciones son limitados, y tienen poco impacto sobre el total de existencias.</li> <li>• Los códigos sobre edificios se aplican de forma deficiente y no guardan coherencia entre los diferentes municipios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen políticas relativas a cocinar con combustibles sostenibles y renovables.</li> <li>• El impacto exacto de los calentadores solares de agua sobre el total de la demanda energética relativa al calentamiento de agua en México se desconoce, aunque se calcula que será limitado, puesto que la medida sólo se ha adoptado en Ciudad de México.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay medidas para garantizar que la leña utilizada se recoja de forma sostenible.</li> </ul>	

	Cambio en la actividad	Eficiencia energética	Renovables	Bajo nivel de carbono	Otros
General	Acciones y estrategia definidas más allá del 2012				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Las normas sobre eficiencia energética, especialmente en lo que a climatizadores se refiere, deben tomarse en consideración.</li> <li>Las subvenciones sobre los precios de la electricidad para los hogares de rentas bajas y medias reducen la eficiencia energética.</li> </ul>			
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pequeños esfuerzos para fomentar el ciclismo en la Ciudad de México sin extensión a otras grandes ciudades.</li> <li>Los bajos precios del combustible reducen el atractivo de los modos de transporte con bajos niveles de carbono.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin incentivos para mejorar la eficiencia de nuevos vehículos</li> <li>Los programas de desguace existentes sólo hacen referencia a un subconjunto de la flota de vehículos.</li> <li>Los bajos precios del combustible reducen el atractivo de vehículos más eficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La legislación nacional tiene que ofrecer incentivos más concretos para el uso de las renovables</li> <li>No hay un plan obligatorio para garantizar la sostenibilidad de la producción de biomasa (para biocombustible).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actualmente no hay medidas para fomentar la tecnología de la movilidad eléctrica ni de otras con bajos niveles de carbono.</li> </ul>	
Agricultura / silvicultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay un plan integrado del uso de la tierra para reducir la deforestación y la degradación forestal causadas por actividades agrícolas.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora de la aplicación de políticas con el objetivo de reducir las emisiones del sector agrícola.</li> <li>Ampliación de los programas existentes de forestación y reforestación dentro de un marco a largo plazo que asegure una aplicación a medio y también a largo plazo. Aplicación de estrategia REDD+.</li> </ul>

Fuente: CAT México (2012).

## CONCLUSIONES

México ha comprometido ante las Naciones Unidas unas metas a corto y mediano plazos que involucran esfuerzos considerables de mitigación de sus compuestos de efecto invernadero. La evaluación desde diferentes fuentes de los compromisos contraídos por México muestra que con la política actual no se logrará su cumplimiento. “El grado de calentamiento del planeta inducido por el hombre se determina primordialmente por las emisiones acumuladas en el tiempo, es decir, cuándo las emisiones alcanzan su cifra máxima, en qué nivel y cuán rápidamente disminuyen después” (UNEP, 2013). Esto significa que el país no debe esperar hasta el año 2020 para reducir sus emisiones. Es una responsabilidad mundial que se debe cumplir a escala local en tiempo y forma.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bachmann, J. (2009). *Black carbon: A science/policy primer*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, USA.
- Briner, G. y A. Prag (OECD) (2013). *Establishing and understanding post-2020 climate change mitigation commitments*. OECD e IEA COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2013)3, París. <[http://www.oecd.org/env/cc/CCXG%20EstablishingandUnderstanding\\_%20final%20full%20docOct2013.pdf](http://www.oecd.org/env/cc/CCXG%20EstablishingandUnderstanding_%20final%20full%20docOct2013.pdf)>.
- Cruz-Núñez, X., L. Villers-Ruiz, C. Gay-García (2014). Black carbon and organic carbon emissions from wildfires in Mexico. *Atmosfera*, 27 (2): 165-172.
- Cruz-Núñez, X. (2014). An approach to a black carbon emission inventory for Mexico by two methods. *Science of the Total Environment*, 479-480, 181-188.
- ENCC (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*. Gobierno de la República, México.
- Ecofys y Climate Analytics (2012). *Evaluación del impacto de las políticas de México sobre su perfil de emisiones de gas con efecto invernadero*. Climate Action Tracker México, 93 pp.
- Höhne, N., C. Taylor, R. Elias, M. G. J. den Elzen, K. Riahi, C. Chen, J. Rogelj, G. Grassi, F. Wagner, K. Levin, E. Massetti, Z. Xiusheng (2012). National greenhouse gas emissions reduction pledges and 2° C: Comparison of studies. *Clim. Policy*, 12: 356-377.
- IMCO-DNV (2012). *Evaluación del Programa Especial de Cambio Climático*. México.
- INECC (2012). *México Quinta Comunicación Nacional ante la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. INECC-Semarnat, México.

- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA.
- Jazcilevich, A., X. Cruz-Núñez, A. Rojas-Rueda, M. J. Tripp-Rivera, L. Ruiz-Suárez, A. García (2012). *Programa de acción para reducir las emisiones en la flota vehicular diésel en el Distrito Federal*. Reporte técnico no. CPSG/0109A/2012 para el Gobierno del Distrito Federal, México.
- Konrad, K.A. y M. Thum (2014). Climate policy negotiations with incomplete information *Economica*, 81, 322 (4): 244-256.
- Ramanathan, V. y G. Carmichael (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience*, 1: 221-227.
- Roelfsema, M., M. den Elzen, N. Höhne, A. F. Hof, N. Braun, H. Fekete, H. Böttcher, R. Brandsma, J. Larkin (2014). Are major economies on track to achieve their pledges for 2020? An assessment of domestic climate and energy policies. *Energy Policy*, 67: 781-796
- Smit, B., I. Burton, R.J.T. Klein, J. Wandel (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Clim. Change*, 45: 223-251.
- UN Climate Summit (2014). *Mexico statement*, 23 de septiembre de 2014, Nueva York, EUA. <<https://papersmart.unmeetings.org/secretariat/eosg/un-climate-summit-2014/statements/>>.
- UNEP (2011). *Integrated assessment of black carbon and tropospheric ozone*. United Nations Environment Program and World Meteorological Organization, Nairobi, Kenia. ISBN: 92-807-3141-6; Job No. DEW/1352/NA.
- UNEP (2013). *The Emissions Gap Report 2013 A UNEP Synthesis Report*. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.
- UNEP (2014). *The Emissions Gap Report 2014*. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi. 88 pp. <http://www.unep.org/emissionsgapreport2014/>
- UNFCCC (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>>.
- UNFCCC (2006). *Training handbook on mitigation assessment for non-Annex I parties consultative group of experts on national communications from parties not included in Annex I to the convention (CGE)*. <[http://unfccc.int/resource/cd\\_roms/na1/mitigation/Handbook/MitigationHandbook\\_11\\_May2006.pdf](http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/mitigation/Handbook/MitigationHandbook_11_May2006.pdf)>.
- UNFCCC (2010). *Copenhagen Accord; National Mitigation Actions of Mexico to be included in Appendix 2*. Letter from Socorro Flores Liera, in behalf of Mexico, to the UNFCCC



on January 31st, 2010. <[http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_15/copenhagen\\_accord/application/pdf/mexicocphaccord\\_app2.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/mexicocphaccord_app2.pdf)>.

UNFCCC (2012). *Report of the Conference of the Parties on its seventeenth session, held in Durban from 28 November to 11 December 2011. Addendum Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its seventeenth session.* <<http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/09a01.pdf>>.

UNFCCC (2014). <<http://newsroom.unfccc.int/unfccc-newsroom/un-climate-summit-ban-ki-moon-final-summary/>>.

USEPA (2012). *Report to Congress on Black Carbon, Department of the Interior, Environment, and Related Agencies Appropriations Act, 2010.* Report Number EPA-450/R-12-001.

Zemel, A. (2015). Adaptation, mitigation and risk: An analytic approach. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 51: 133-147.

## APUNTES ACERCA DEL LUGAR DEL CONOCIMIENTO ECONÓMICO EN LOS ANÁLISIS DEL IPCC

---

Ángel de la Vega Navarro\*

### INTRODUCCIÓN

Los trabajos del IPCC, por los orígenes de este organismo y por su objeto de estudio, están estrechamente relacionados con el conocimiento científico, entendido éste como el producido por las ciencias físicas y naturales. ¿Qué lugar tiene el conocimiento económico? La economía, como otras ciencias sociales, podría ubicar sus contribuciones en el mismo nivel que aquellas que estudian los fenómenos complejos del cambio climático. Esto, sobre todo, cuando un objetivo central desde los primeros informes del IPCC ha sido demostrar la relación entre la actividad humana y el calentamiento global.

En la práctica, se pide a la economía intervenir después de esa demostración, una tarea que corresponde al Grupo de Trabajo I (en adelante GT-I), cuyo informe es el primero en ser publicado con un título significativo: *The physical science basis*. La economía interviene en el Grupo de Trabajo II (impactos, adaptación y vulnerabilidad) y en el III (mitigación), sobre todo para medir y calcular, para construir escenarios, para proporcionar datos numéricos que den seriedad a la elaboración de políticas. La economía que se busca es aquella que corresponda mejor a los requerimientos de los científicos del GT-I y a sus formas de trabajo.

En este trabajo, se analiza el lugar y papel que se atribuye a la economía en la división del trabajo que se instaura en la elaboración de los informes del IPCC, tomando como base el reciente Quinto Informe publicado en tres volúmenes y un informe de síntesis entre septiembre 2013 y octubre 2014. Se trata no ser ex-

---

\* Profesor del Posgrado de Economía y del Posgrado de Ingeniería de la UNAM.

haustivos —tarea menos que imposible— sino abrir algunas líneas de reflexión y crítica que puedan ser continuadas en trabajos futuros a partir de los objetivos y principales resultados del IPCC. Después se revisará en las contribuciones del GT-I las conexiones con la mitigación y el papel especial del sistema energético. El texto continúa con el lugar y papel de la economía en la división del trabajo que se instaure en los informes del IPCC y la traducción de los enfoques económicos al plano de las políticas. Finalmente, revisa los problemas de la evaluación económica en los impactos y la adaptación.

## EL IPCC: OBJETIVOS Y PRINCIPALES RESULTADOS

El IPCC fue creado en 1988 por la WMO (World Meteorological Organization) y el UNEP (United Nations Environmental Program) para sistematizar la literatura científica relevante para entender las bases del cambio climático provocado por las actividades humanas, así como la información científica, técnica y socioeconómica para evaluar los riesgos e impactos socioeconómicos y ambientales de ese fenómeno. Se le fijó también como objetivo formular estrategias para enfrentar esos riesgos e impactos, en particular opciones para la adaptación y la mitigación, con una restricción: no prescribir decisiones, pues éstas corresponden al debate democrático y a los procesamientos específicos de las políticas públicas nacionales e internacionales. Como se insiste en reuniones y presentaciones de ese organismo: “los Reportes del IPCC son políticamente relevantes, pero nunca políticamente prescriptivos”.<sup>1</sup>

El matiz que introduce esa fórmula no deja fuera, sin embargo, la necesidad de una reflexión sobre la relación entre conocimiento y políticas, una temática general, pero que también ha sido objeto de estudios sobre los procedimientos y prácticas del IPCC (Bernhardt, 2012). El IPCC se situaría así no solamente en la interface entre la ciencia y las políticas, sino entre la ciencia y la política a secas, tomando en cuenta que la participación de científicos de todo el mundo, en la elaboración de sus informes, genera una fuente sin precedente de conocimientos sobre el cambio climático, pero también que hacedores de políticas y políticos están presentes en momentos cruciales del proceso.

En esas condiciones, los informes del IPCC se han convertido en llamadas de atención para gobiernos y sociedades acerca de los riesgos que representa la activi-

---

<sup>1</sup> Salvo excepciones, las citas en inglés se mantendrán en esta lengua; cuando se traduzcan se señalará y la responsabilidad es del autor.

dad humana para la temperatura global con consecuencias en diferentes ámbitos. En ellos, se ha dado un progreso en la comprensión del cambio climático, con una atribución de sus causas cada vez con mayor certeza:

- First Assessment Report (FAR, 1990): “detección inequívoco”.
- Second Assessment Report (SAR, 1995): “balance de evidencias que sugieren la perceptible influencia humana”.
- Third Assessment Report (TAR, 2001): “la mayoría del calentamiento de los pasados 50 años se debe probablemente (2 de 3) a las actividades humanas”.
- Assessment Report 4<sup>th</sup> (AR4, 2007): “la mayoría del calentamiento se debe probablemente (9 de 10) a gases de efecto invernadero”.
- Assessment Report 5<sup>th</sup> (AR5, 2013): “Es muy probable (95 de 100) que la influencia humana ha sido la causa dominante...”<sup>2</sup>

A lo largo de esos informes, en un cuarto de siglo, las conclusiones fundamentales de científicos de la más variada procedencia no han cambiado básicamente, fruto de la revisión y análisis de miles de publicaciones científicas:

- las emisiones provenientes de las actividades humanas están causando el calentamiento global y agravando las perspectivas futuras;
- están presentes ya consecuencias en diferentes planos: las temperaturas globales suben provocando disrupciones climáticas; glaciares y el casquete polar se están derritiendo, los niveles del mar están en ascenso; eventos climáticos extremos son más frecuentes y más severos, se extinguen animales y plantas; se desorganiza la producción de alimentos y el aprovisionamiento de agua, etc. (IPCC 2014a) Una consecuencia del aumento del CO<sub>2</sub> que ha aparecido con más relieve recientemente: los océanos son cada vez más ácidos con graves efectos sobre la vida marina, en particular sobre los arrecifes de coral.
- Las razones para preocuparse y actuar son cada vez más claras: es posible mantener el aumento de la temperatura bajo 2°C,<sup>3</sup> pero es indispensable una pronta y significativa reducción de emisiones.

<sup>2</sup> Se presta a discusiones de diverso tipo el sentido de elevar la probabilidad hasta ese nivel, una de las contribuciones del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe, publicado en septiembre de 2013.

<sup>3</sup> El objetivo de no superar 2°C fue adoptado en la Conferencia de Cancún (2010). En el informe de la conferencia se dice con toda claridad que si los gobiernos se comprometen es posible alcanzar ese objetivo con las tecnologías existentes. Entre más esperen, será más costoso y más dependerán

- La reducción de emisiones mundiales de GEI puede cifrarse: deberá situarse entre 40 y 70% hacia 2050 en relación con el volumen de emisiones de 2010.

## CONTRIBUCIONES DEL GRUPO DE TRABAJO I AL QUINTO INFORME: CONEXIONES CON LA MITIGACIÓN Y EL PAPEL ESPECIAL DEL SISTEMA ENERGÉTICO

Las principales contribuciones fueron expuestas en el capítulo 3. Con base en esos resultados se pasa usualmente a cuestiones en las cuales se considera la participación de los economistas: ¿cómo se realizará una adaptación al cambio climático?, ¿qué medidas de mitigación habrá que tomar?, ¿qué cultivos conviene desarrollar en tal o cual región?, ¿qué energías renovables desarrollar de manera prioritaria? Más adelante se analizarán algunos temas relacionados con la adaptación al cambio climático, pero los resultados del GT-I llevan de manera inmediata a la urgencia de la mitigación.

### Conexiones de los resultados del GT-I con la mitigación del cambio climático

La mitigación del cambio climático tiene por objeto controlar las fuentes humanas del cambio climático y sus efectos cumulativos, limitar las emisiones de GEI y desarrollar procesos para removerlos de la atmósfera.

Se ha señalado que buena parte del análisis económico y de las políticas relacionadas con la mitigación no reflejan correctamente la urgencia que deberían despertar los resultados anteriormente señalados. Un ejemplo: si se tomara en serio el carácter esencialmente irreversible y cumulativo del CO<sub>2</sub> se daría un mayor peso a las actuales emisiones respecto a las futuras, lo cual no se constata, por ejemplo, en planteamientos sobre los mercados de carbono que consideran que los precios de las emisiones presentes deben ser bajos —como están ahora, por cierto—, para subir progresivamente en el futuro. En cuanto a las políticas, reconocer el carácter cumulativo del CO<sub>2</sub> tendría como resultado enfatizar la urgencia de tomar medidas en el presente y dar mayor valor a acciones tempranas para reducir las emisiones

---

de soluciones cuyos riesgos no han sido bien estudiados, sobre los cuales no hay certeza de poder ser controlados y que pueden tener consecuencias potencialmente muy graves, por ejemplo, sobre la seguridad alimenticia.

(IPCC 2014b: 13). En la división del trabajo a la que nos hemos referido, el Grupo de Trabajo III (GT-III), encargado de trabajar sobre mitigación, recibe información del GT-I para trabajar sobre costos y sobre los requerimientos tecnológicos e institucionales de las diferentes políticas de mitigación. Uno de sus principales resultados es haber puesto en evidencia que muchas opciones existen para encaminar a las economías por senderos de desarrollo de bajas emisiones, al mismo tiempo que se alcanzan otros objetivos (cobeneficios).

De manera esquemática los puntos clave del volumen del GT-III son los siguientes:

- El crecimiento sin precedente de los GEI en los últimos 10 años pone al mundo ante el peor escenario de los publicados previamente por el IPCC.
- La próxima década no debería ser como la última. Es necesario detener las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de combustibles fósiles y de procesos industriales si se quiere limitar el aumento de la temperatura global promedio a 2 grados.
- De mantenerse las tendencias y las políticas actuales, el calentamiento global puede superar los 4°C hacia el final del presente siglo: *“Escenarios de la línea de base que no tienen la mitigación adicional, resultan en aumentos de la temperatura media de la superficie mundial en 2100 de 3.7 ° C a 4.8 ° C en comparación con los niveles preindustriales”* (IPCC 2014b).
- Tecnologías alternativas están disponibles y son cada día más accesibles en términos económicos. Se pueden reducir emisiones usando energía eólica, energía solar, vehículos eléctricos, edificios eficientes, así como a través de diferentes medidas relacionadas con una mayor eficiencia energética. Escogiendo las buenas opciones, puede lograrse una reducción sustancial de la contaminación y variados impactos ecológicos y sanitarios asociados.
- Ha habido avances en décadas pasadas, pero no suficientes para reducir las emisiones a los niveles requeridos. Si continúan creciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> en la próxima década se excederá la meta de los 2° C. Sobrepasarla será costoso y arriesgado, pues se tendrán que desplegar tecnologías aún no probadas para remover CO<sub>2</sub> de la atmósfera.
- Algunas políticas climáticas han sido implementadas en los niveles nacional, regional y local. No han detenido las emisiones, pero se han logrado experiencias con programas como los mercados de carbono, los de fiscalidad ambiental, los del impulso a las renovables y la adopción de estándares tecnológicos.

### Una atención particular al sistema energético.

En el largo plazo, escenarios bajos en carbono dependerán de una plena ‘descarbonación’ de la oferta energética

El sistema energético<sup>4</sup> ha merecido en los informes del IPCC una atención particular, al tener ese sistema un papel crucial para alcanzar el objetivo de estabilizar las emisiones en niveles compatibles con el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C. En ese sentido, se plantea la necesidad de su transformación radical cuya velocidad, sin embargo, se ve limitada por diversas restricciones, inercias y fenómenos de *lock-in*: periodos de maduración de las inversiones, duración de las instalaciones y equipos ya instalados, la manera como se han construido y construyen las infraestructuras urbanas y los sistemas de transporte, etcétera.

Sobre esos puntos el GT-III hace advertencias claras: “*Las obras de infraestructura y productos de larga duración que encierran las sociedades en vías de emisiones intensivas de GEI pueden ser difíciles para cambiar o muy costoso, lo que refuerza la importancia de una acción temprana para una mitigación ambiciosa*” (*Summary for Policy Makers*, 4.2).

El cambio climático y sus impactos presentan desafíos cada vez más importantes para la producción, transmisión y distribución de la energía. La demanda de energía aumenta en el mundo, sobre todo por el crecimiento económico y de la población, lo cual está causando que también se intensifiquen las emisiones de GEI del sector energético. En lugar de crecer deberían disminuir, para que ese sector contribuya a mantener la temperatura bajo 2°C. La IEA (2013), por ejemplo, considera que sería necesario que las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por el sector energético disminuyeran en un 31.4% entre 2012 y 2035. Si no se hace nada, esas emisiones crecerán en 36.1% en ese mismo lapso.

Reducciones significativas de GEI se pueden obtener mejorando la extracción y conversión de combustibles fósiles, mediante cambios hacia combustibles de bajo carbono (por ejemplo, generar energía eléctrica con gas en lugar de carbón), con mejoras en la eficiencia energética, con una mayor participación de las renovables

---

<sup>4</sup> Una concepción integral de los sistemas energéticos cubre toda la cadena de actividades para el aprovisionamiento energético, desde la producción hasta el consumo final pasando por transformación, transmisión y transporte (Bhattacharyya, 2011). El IPCC, en el capítulo 7 del Quinto Informe, se refiere solamente al sector energético, el cual comprende los procesos de extracción, conversión, almacenamiento, transmisión y distribución. A los relacionados con el uso final de la energía en la industria, el transporte, la construcción, la agricultura y la silvicultura dedica capítulos específicos.

y reducción de la demanda final de energía. El desarrollo de tecnologías bajas en carbono es clave para la reducción de las emisiones, pero, además, traen un conjunto de cobeneficios en el plano de la salud, del empleo, del desarrollo local, entre otras cuestiones. Lo que ha pasado, sin embargo, es que la tendencia que se venía dando hacia una gradual descarbonización de la energía se ha revertido.

A los temas y desafíos habitualmente asociados con el cambio climático y la energía, se han introducido otros nuevos. Es el caso del “acceso a la energía” y temas relacionados como el de la pobreza y la desigualdad energéticas. *“Los impactos del cambio climático pueden exacerbar la pobreza en la mayoría de los países en desarrollo y crear nuevas bolsas de pobreza en ambos, países desarrollados y en desarrollo”* (IPCC, 2014c: 27). El sistema energético debe proveer en servicios energéticos a una población creciente, en particular a los que se encuentran excluidos. Esa enorme tarea deberá enfrentarla de manera compatible con el objetivo de estabilizar las emisiones, al mismo tiempo que es bastante probable el incremento de la participación de energías comerciales convencionales. Las políticas de acceso a la energía generan mayores oportunidades de empleo, de mejora de los servicios básicos (escuelas, carreteras, centros de salud, acceso a medios de comunicación, entre otros), de incrementar la oportunidad de ingresos, de aumentar la seguridad alimentaria, de disminuir las disparidades sociales: el reto es hacer realidad esas oportunidades buscando al mismo tiempo alternativas energéticas eficientes, limpias e innovadoras.

### **Lugar y papel de la economía en la división del trabajo que se instaure en los informes del IPCC**

Entre los tres grupos de trabajo del IPCC se ha establecido una división del trabajo que conduce a una visión limitada de la economía y del quehacer económico. Los “científicos duros” (Grupo de Trabajo I) se dedican, como hemos visto, a estudiar las bases físicas del cambio climático y a establecer la relación entre actividad humana y cambio climático cada vez con mayor certeza. Sobre esas bases, los economistas deben ocuparse en calcular riesgos, costos de diferentes opciones y las inversiones necesarias. En ese marco, un trabajo científico que contiene elementos que pueden volcarse en el análisis del funcionamiento económico recurre a la economía solamente por la capacidad que se le atribuye de evaluar impactos, costos y riesgos; de cuantificar el potencial económico de las principales opciones energéticas de mitigación (cambio de combustibles, eficiencia energética, energías renovables,



energía nuclear, captura y secuestro de carbono, etc.). Al ser relegada a esas tareas, la economía pierde una buena parte de su potencial científico.

Cuando se habla de economía es necesario precisar. Desde la perspectiva de las ciencias “duras”, la economía puede ser una ciencia cuando trabaja como ellas. La más cercana es la que permite la cuantificación, la modelización y la entrega de datos. Esa posición fue resumida hace años por Maurice Allais, Premio Nobel de Economía 1978:

- la coherencia lógica de las teorías económicas puede ser probada gracias a las matemáticas;
- por disponer de una mejor información los hechos se conocen cada vez mejor;
- se cuenta, además, con importantes desarrollos de la estadística y la informática;
- en economía, como en la física, hay regularidades indiscutibles. La economía entonces puede utilizar el cálculo como lo hace la física y fundarse en relaciones objetivas verificables.

En ese marco de comprensión de la economía, se espera de los economistas que hagan suyas las recomendaciones de los científicos sobre el techo máximo de concentraciones (450 ppm), que prevean la evolución de las emisiones y contribuyan a la elaboración de políticas.

Los métodos preconizados son una consecuencia de la visión que predomina sobre la economía, la cual conduce a principios e instrumentos de la teoría neoclásica. Ejemplos:

- funciones de bienestar social proporcionan las bases para evaluar los efectos del cambio climático y de las medidas de mitigación, a través de técnicas como el análisis costo-beneficio;
- la maximización del bienestar neto, nivel óptimo de emisiones, se determina por la igualdad entre el beneficio marginal y el daño marginal.

En cuanto a los instrumentos económicos para alcanzar los objetivos fijados al menor costo, se privilegian los enfoques “*basado en el mercado*”, “*enfoque por precios*”.

En el análisis de los impactos mismos del cambio climático sobre el funcionamiento de los ecosistemas, la biodiversidad, la salud y otros impactos sobre el bienestar, puede decirse que hay una cierta apertura en la línea de una distinción que se puede establecer entre daños mercantiles y no-mercantiles (Goulder, Pizer,

2006). Los primeros provienen de cambios en precios y cantidades de los bienes comercializados provocados, por ejemplo, por cambios de temperatura y precipitaciones en la producción agrícola. Los segundos incluyen la pérdida directa de utilidad proveniente de climas más hostiles, pérdida de servicios de los ecosistemas o pérdida de biodiversidad.

El IPCC ha avanzado mucho en la explicitación de esos fenómenos, pero a la economía le quedan muchos desafíos por analizar en todas su complejidad, tanto los mercantiles como los no mercantiles.

### Apertura del campo de intervención de la economía, con continuidad en el enfoque y una aplicación pragmática de la teoría económica convencional

El espacio para la economía se ha ampliado a lo largo de los informes con la introducción sucesiva de nuevos temas:

- FAR, 1990: surgen los temas económico-sociales;
- SAR, 1995: opciones de bajo costo; preocupación por temas relacionados con la equidad;
- TAR, 2001: beneficios y “*trade-offs*” para el desarrollo sustentable;
- AR4, 2007: beneficios del desarrollo sustentable para el cambio climático.

En esa evolución se fijó como propósito que el AR5 tuviera un valor agregado en comparación con los anteriores: un tratamiento mejorado de los temas sociales, económicos y éticos y una discusión en profundidad acerca de su aplicación en el contexto del desarrollo sustentable. De hecho, se estaría reanudando así, uno de los objetivos de la UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, adoptada en 1992): “prevenir la interferencia antropocéntrica peligrosa con el sistema climático”.<sup>5</sup> Desde entonces, quedaron planteadas preguntas que hubieran permitido elaborar un programa para una intervención de la economía con mayor profundidad y desde perspectivas críticas, en colaboración con otras ciencias humanas y sociales. Algunas de esas preguntas son las siguientes:

<sup>5</sup> Del artículo 2 de la Convención: “El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que la Conferencia de las Partes podrá adoptar, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida las interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático”.

- ¿En qué momento las interferencias antropocéntricas con el sistema climático, que siempre han existido, se convierten en “peligrosas”? Muchas de ellas son necesarias y beneficiosas para la producción de bienes indispensables para la satisfacción de múltiples necesidades. No se trata solamente de un problema de las ciencias físicas o biológicas: definir “peligroso” implica fundamentalmente valores y preferencias.
- Una vez respondida la pregunta anterior ¿qué hacer al respecto? Como muchas de las interferencias son de carácter económico, se abre un espacio para el análisis económico y su contribución en la elaboración de propuestas.
- ¿De qué manera las acciones para mitigar el cambio climático y las cargas que de ello resultan pueden ser divididas entre los países y las generaciones? Aquí, el análisis económico se conecta con cuestiones éticas: ‘*reparto de la carga*’, ‘*esfuerzo compartido*’.

Esas preguntas hubieran podido llevar a la profundización de problemáticas y enfoques. Lo que se dio fue una apertura del campo de intervención de la economía, pero con una continuidad en el enfoque y una aplicación pragmática de la teoría económica convencional. Por este pragmatismo, se puede hablar de un *mainstream* ampliado, en el cual se pueden distinguir los siguientes componentes:

- Regulación interna: desde esta perspectiva se considera que el sistema económico está en equilibrio o que puede recuperarlo a través de las decisiones y acciones de actores racionales.
- Regulación externa: el libre juego del mercado puede conducir a crisis costosas; es necesario, entonces, que un actor externo intervenga (el Estado). El orden social y económico es el resultado de un equilibrio complejo entre decisiones individuales y colectivas.
- La economía vista como un sistema abierto a lo social y a los procesos físicos con los cuales interactúa.

### Jean Tirole y las conexiones de su obra con el “*mainstream* ampliado”

Dentro de lo que hemos llamado un *mainstream ampliado* se da una posición básica acerca del papel del mercado,<sup>6</sup> pero se está consciente de que se pueden presentar

<sup>6</sup> Esa posición no solamente abarca temas microeconómicos; también los sectoriales y macroeconómicos. Es el caso del capítulo 10: “*Sectores claves económicos y de servicios*”, GT-II, el cual analiza

“fallas”, lo cual abre el paso a acciones de regulación por parte del Estado o de la “comunidad internacional”. Se trata de posiciones que parten de fundamentos de la teoría neoclásica, la cual tiene por objeto de estudio una economía de mercados competitivos, pero hacen a un lado las hipótesis más restrictivas del modelo de competencia perfecta. Tratan de acercar esa teoría al análisis de temas concretos evitando los fundamentalismos. Como ha dicho Jean Tirole, Premio Nobel de Economía 2014: “la competencia puede ser peligrosa cuando se convierte en religión” (X. de la Vega, 2008). Si bien se mantiene la idea de que la “economía pura” establece con rigor la norma de una economía perfectamente competitiva, de manera pragmática se debe intentar acercar la realidad lo más cerca de esa norma. Aquí es donde se sitúa el papel del Estado a quien se le otorga el estatuto de implantar las condiciones para que los mercados funcionen: un Estado regulador. Mercados desregulados producen resultados socialmente indeseables: precios muy por encima de los costos, empresas improductivas que sobreviven solamente por su capacidad de bloquear la entrada de nuevas y más productivas.

Tiene sentido acercarse a la obra de Jean Tirole. Su obra, con la de sus predecesores y colegas en esa misma línea, puede ser una guía para explicitar de manera coherente el tratamiento de los temas económicos en los informes del IPCC. Se trata de un teórico de la regulación pública en una economía de mercado: un neoclásico regulador, por contradictorio que parezca en los términos. Sus análisis tienen aplicaciones muy concretas en los sectores de la energía, de las telecomunicaciones, de la informática y los ambientales. Ha construido un marco general para el diseño de políticas en diferentes industrias, pero considera que la mejor regulación es aquella que se adapta a las condiciones específicas de cada industria.

Se puede decir que Jean Tirole es un buen representante de ese *mainstream* ampliado. Un ejemplo de lo anterior es su adhesión al *cap and trade*, pues presenta la misma distribución de papeles que él considera virtuosa entre el Estado y el sector privado: el *cap* es fijado por los Estados ya que se trata de bienes públicos y el *trade* reparte los derechos de contaminar como bienes privados, y, de esa manera, realiza mediante el mercado una mitigación “costo-efectiva”. En el informe que elaboró sobre el cambio climático (Tirole, 2009), el mercado debe ser lo más libre

---

las implicaciones del cambio climático sobre la actividad económica y sectores económicos, así como sobre el bienestar y el desarrollo económico. Una frase puede resumir la posición básica de ese capítulo: “El buen funcionamiento de los mercados proporcionará un mecanismo adicional para la adaptación y por lo tanto, tiende a reducir los impactos negativos y aumentar los positivos para cualquier sector o país específico”.

posible, con ajustes e incitaciones cuando sea necesario, todas de tipo económico y orientadas al mercado. En ese informe, se pronuncia contra las normas técnicas impuestas en determinados sectores y contra las regulaciones que no se sitúen en el marco de funcionamiento de los mercados. No está de acuerdo con los impuestos al carbono pero sí con un mercado que tenga un precio internacional único del carbono, fundado de preferencia en subastas de “derechos a contaminar”. El propósito es conciliar eficiencia (un precio único para el carbono), equidad (mediante una distribución inicial de los derechos a contaminar) y restricciones de participación a este acuerdo (mediante esa distribución y por la conclusión de acuerdos —comerciales, por ejemplo— contingentes a esa participación). A lo anterior se agregan productos derivados para cubrirse contra los riesgos: los mercados financieros al servicio de la lucha contra el cambio climático.

Según Tirole, sólo un precio elevado del carbono permitiría alcanzar el objetivo de eficiencia de manera duradera, a través del desarrollo de energías limpias, la modificación de los sistemas de transporte y de infraestructuras y la reducción de la deforestación. Tiene una crítica fuerte a los “mecanismos de desarrollo limpio”, prefiriendo a esos mecanismos la inclusión de los países en desarrollo en el mercado de carbono otorgándoles cuotas generosas de permisos.

Las ideas de Tirole tendrán sin duda influencia en la Conferencia de París, sobre todo después del Nobel de Economía 2014. En particular, acerca de las condiciones de un buen acuerdo, el cual requiere el establecimiento de: 1) instrumentos económicos incitativos que permitan minimizar el costo de la lucha contra el cambio climático; 2) mecanismos que permitan la continuidad y permanencia de los compromisos, y, 3) mecanismos de transferencia que hagan posible la adhesión de los principales países emisores.

En resumen, los puntos importantes de un conocimiento económico que se ha venido imponiendo progresivamente son los siguientes: 1) el CO<sub>2</sub> es un problema de contaminación, para los economistas una externalidad. El cambio climático representa la más importante falla de mercado en la historia de la humanidad (Stern, 2006; Tol, 2009; Damian, 2012). Como los contaminadores no hacen suyos ni toman en cuenta los costos asociados con los daños que causan, se producen y consumen muchos productos contaminantes, como los combustibles fósiles emisores de GEI; 2) puesto que el cambio climático es global, un acuerdo internacional que comprometa a los Estados firmantes es la única respuesta apropiada a un desafío planetario, y, 3) la señal de los precios que ofrecen las incitaciones del mercado (*carbon tax*, permisos negociables) es el instrumento más eficiente para

modificar los comportamientos de empresas y de los consumidores a fin de que adopten tecnologías y adquieran bienes con un menor contenido de carbono.

## LA TRADUCCIÓN DE LOS ENFOQUES ECONÓMICOS AL PLANO DE LAS POLÍTICAS

En el GT-III, especialmente en el capítulo “Sistemas energéticos”, se evalúan las actuales políticas climáticas en cuanto a sus resultados en la reducción de emisiones del sector energético y a los cambios de la estructura de ese sector (a través de la orientación de las inversiones).

En términos generales, se considera que políticas efectivas dirigidas a reducir drásticamente las emisiones de CO<sub>2</sub> deben incluir un esquema global para la fijación de precios del carbono, regulaciones y un desarrollo institucional adecuado a las necesidades específicas de cada país, en particular de los menos desarrollados. Las políticas orientadas al mercado actúan al cambiar los precios relativos, aumentando o bajando los costos según se trate de actividades altamente emisoras o con bajas emisiones.

Las políticas sectoriales consideradas son:

- dirigidas a poner un precio a los costos externos de las emisiones, en particular para guiar las inversiones de las empresas;
- información y regulaciones cuando los instrumentos económicos para guiar las decisiones no son políticamente viables;
- políticas tecnológicas enfocadas a la innovación, a inversiones directas de largo plazo, a medidas financieras y regulatorias para el despliegue de las renovables, entre otras;
- políticas facilitadoras o propiciatorias (“*enabling policies*”) para crear un ambiente favorable a las anteriores.

En la evaluación de los resultados de esas políticas se privilegian determinados métodos: por ejemplo, enfoques en la perspectiva del equilibrio general se consideran indispensables para la realización de análisis de los efectos macroeconómicos del cambio climático. Asimismo, modelos de equilibrio general computable constituyen herramientas operacionales estándar para evaluar políticas climáticas en los niveles nacionales, subnacionales y supranacionales y para medir sus efectos sobre la asignación y distribución de recursos, así como los cambios respecto de algún punto de referencia.

## Políticas dirigidas a poner un precio a los costos externos de las emisiones

Las políticas dirigidas a poner precio a las emisiones (para combatir las externalidades asociadas a ellas) merecen un interés particular por la difusión que tienen las propuestas y debates que suscitan:

- Mercados de carbono (como el *European Trade System*, EU-ETS).
- Impuestos al carbono, con posibles consecuencias: sobre las inversiones (nuevas instalaciones) y decisiones operativas (como pasar del carbón al gas en la generación de electricidad), entre otras.

Sistemas como el ETS y los impuestos al carbono son llamados en el marco de los trabajos del IPCC “instrumentos económicos” al considerarse explícitamente que, por tratarse de consumidores racionales, firmas y mercados completos, logran cualquier nivel de reducción de emisiones de la manera menos costosa posible. Más allá de consideraciones sobre el trasfondo teórico de esos planteamientos, es importante poner en evidencia deficiencias de sistemas como el EU-ETS, el cual es muy sensible a la coyuntura de corto plazo. La situación actual en Europa es ilustrativa en este sentido: en los primeros meses del 2014 el precio por tonelada de carbono estaba por debajo de los € 4.00 cuando en 2007 se situó por encima de € 18 incluso había llegado a más de € 30 en abril de 2006. Los precios actuales en ese mercado no favorecen la reducción del consumo de combustibles fósiles ni de las emisiones, así como tampoco favorecen las inversiones en nuevas tecnologías. Por todo ello, no proporciona las mejores señales para orientar una transición energética de largo plazo.

Además del EU-ETS, existen otros mercados de carbono, pero desde varias perspectivas se considera necesario pasar de precios de mercados locales o nacionales a un sistema de precios globales y armonizados.<sup>7</sup> Organismos como el FMI y la OCDE se adhieren ahora a ese planeamiento. El mismo IPCC adopta en sus escenarios la hipótesis de un *un precio global de carbono* (IPCC, 2014b). Por su parte la IEA considera que un precio global del carbono no necesariamente sería perjudicial al crecimiento:

---

<sup>7</sup> Véanse, por ejemplo, los análisis y propuestas de Stéphane Dion, miembro del Consejo privado de Canadá y diputado federal, Cámara de los Comunes. Fue Ministro del Ambiente y, en esa calidad, presidió la COP 11, Montreal, 2005.

La fijación de precios de carbono no es necesariamente perjudicial para la competitividad industrial: todo depende de cómo se implementa y si una acción similar se toma en las economías competidoras. [...] Además, parte de todos los ingresos derivados de los precios del carbono se puede reciclar de nuevo hacia los usuarios de energía en forma de inversiones para mejorar la eficiencia energética o a través de otras políticas, como un mayor apoyo para la industria; por lo tanto, esto puede en realidad mejorar la competitividad industrial y energética. (IEA, 2013)

Un problema importante a considerar por ese tipo de propuestas es la necesidad de un acuerdo internacional, de tal manera que todos los agentes económicos actúen con las mismas reglas. De no ser así aquellos que las acepten pueden verse perjudicados en provecho de los que actúen como *free riders*. El futuro de los mecanismos de mercado, específicamente de los esquemas de mercados de carbono y de la posibilidad de un precio global del carbono, serán seguramente algunos de los temas importantes de la Conferencia de París de diciembre 2015 (COP21, *21st Conference of the Parties on Climate Change*). A ella llegarán probablemente propuestas que se han hecho como las de S. Dion y E. Laurent (2012).

En el contexto de la crisis global iniciada en 2007, de manera paralela a esos mercados, han surgido otros en los cuales se especula sobre los permisos para contaminar y sobre los contratos de seguros relacionados con catástrofes naturales potenciales causadas por el cambio climático. Un buen tema de investigación es el de saber si al imparable aumento de las emisiones se le puede dar respuesta mediante una combinación de mercados ambientales y financieros.

### Políticas tecnológicas complementarias a las de precios del carbono

Muchas opciones energéticas “bajas en carbono” (energías renovables) no son todavía competitivas con base en el precio de mercado de la electricidad, aún si éste se ve aumentado por políticas que tienen por blanco los GEI (IPCC SRREN, 2011; IPCC SRCCS, 2005). En consecuencia, si se quiere incrementar la utilización de esas tecnologías son necesarias políticas de investigación y desarrollo (I&D) y políticas orientadas a la difusión y despliegue de nuevas tecnologías. No se trata solamente de subvenciones: también apoyos a la comercialización y a la transferencia de tecnologías, por ejemplo. Esas políticas, en su conjunto, según el balance que hace el IPCC, han tenido éxito en el crecimiento de las energías renovables (IPCC SRREN, 2011) y en la reducción de sus costos, como en el caso de la energía eólica y de la solar fotovoltaica.



Tomar en cuenta otras “fallas del mercado” conduce también a la necesidad de políticas tecnológicas. Es el caso de la protección de los derechos de propiedad intelectual (por ejemplo, el mercado de patentes). A causa de esa “falla” las inversiones privadas en renovables y la utilización eficiente de la energía son, según análisis del IPCC, “*menos que socialmente óptimo*”, lo cual constituye un argumento en favor de las subvenciones.

Las políticas tecnológicas tienen, pues, un lugar en las propuestas del IPCC, sin embargo, la primera opción son las políticas basadas en los precios del carbono, como lo ha sostenido Ottmar Edenhofer, uno de los copresidentes del Grupo III, al comentar un artículo que analiza los beneficios conjuntos de las energías solar y eólica para la salud, el ambiente y el clima.<sup>8</sup>

## LOS PROBLEMAS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA. IMPACTOS Y ADAPTACIÓN

Una diferencia importante respecto al Cuarto Informe (AR4) es que el Quinto (AR5) pone mayor énfasis en la administración de las medidas de adaptación, enfocándose en el análisis del riesgo como apoyo a la toma de decisiones. De hecho, el Informe del Grupo II (impactos, adaptación, vulnerabilidad) considera que anticipar, prepararse y responder al cambio climático es un proceso de administración del riesgo, informado por el conocimiento científico y por valores y objetivos de pueblos y sociedades. Plantea que existe una gran incertidumbre acerca de la vulnerabilidad y respuestas de los sistemas humanos y naturales interconectados.

Cuando se estudian los impactos del cambio climático, se plantea inmediatamente el problema de su evaluación y medición. A ese respecto, queda un amplio espacio para la intervención de los economistas, tomando en cuenta lo que afirma el informe del GT II: “*Los impactos económicos globales del cambio climático son difíciles de estimar*”; las evaluaciones son “*imperfectas*”. Un calentamiento de 2.5°C reduciría el PIB mundial entre 0.2% y 2%. Pero “*las pérdidas pueden más bien crecer que bajar*”. Uno se puede preguntar por qué las estimaciones no solamente se expresan en términos tan aproximativos, sino por qué son bajas, tomando como referencia

<sup>8</sup> “Dirigiéndose directamente a las externalidades es en cualquier caso la mejor opción. El estudio podría malinterpretarse en el debate público por grupos de interés que argumentan que la promoción de las energías renovables es una manera más favorable para reducir las emisiones que los precios del CO<sub>2</sub>” (Edenhofer *et al.*, 2013).

las del “Informe Stern” (Stern, 2006), el cual evalúa el costo del cambio climático hasta en 20% del PIB. Una posible respuesta es que ese informe toma como base escenarios de 4 - 5.6°C de aumento de la temperatura: es difícil estudiar los impactos en un mundo con esas temperaturas. Las del IPCC pueden ser conservadoras, pero ubicadas en un mundo más cercano al actual, más fácil de imaginar y prever.

Las insuficiencias de las estimaciones plantean nuevos retos a cuyo estudio los economistas pueden contribuir:

- se utilizan modelos muy simples en relación con la complejidad de los problemas;
- no se ha tomado suficientemente en cuenta el papel de las catástrofes naturales que afectan el desarrollo en el largo plazo;
- se han enfatizado las consecuencias del calentamiento sobre ciertos sectores como la agricultura, simplemente por la disponibilidad de trabajos
- hacen falta datos y estudios sobre los países en desarrollo, los más vulnerables al cambio climático.

En cuanto a los costos de la adaptación, el informe no proporciona cifras. Ello se debe, según el GT-II, a que la metodología aplicada y las hipótesis no fueron suficientemente convincentes. Había también temor de que cifras de calidad insuficiente fueran mal utilizadas en las negociaciones internacionales en curso o por los medios, como ha sucedido en ocasiones. Por todo ello, el informe señala solamente que es necesario proseguir los estudios sobre ese tema y que hay una brecha enorme entre los recursos dedicados a la adaptación y los que se consideran necesarios. Las medidas que se deben tomar representan centenas de miles de millones de dólares mientras que los recursos que se dirigen actualmente llegan apenas a centenas de millones.

Puede decirse, en resumen, que se han hecho progresos enormes en la comprensión de los impactos físicos del cambio climático; no tanto sobre los económicos. En donde sí hay avances es en un plano más general, por ejemplo, en relacionar mejor la adaptación con el desarrollo. De esta manera, se pone en evidencia que son los más vulnerables los que no tienen acceso a buenas condiciones sanitarias, a agua tratada para consumir, a formas modernas de energía, a servicios de salud. En los países desarrollados, dado que las infraestructuras existen, la pregunta es: ¿cuánto costará adaptarlas? En varios países en desarrollo es necesario empezar por hacerlas, la pregunta es entonces: ¿cómo se financiará su construcción? Para avanzar en todo ello ayudarían mejores evaluaciones y una mayor capacidad para

diseñar e implementar políticas y regulaciones apropiadas para la mejor realización de las inversiones.

Se han dado también avances en la comprensión de factores “no climáticos” como se puede constatar en los siguientes planteamientos:

- la vulnerabilidad no es producto de una sola causa: más bien de procesos sociales que se interconectan y resultan en desigualdades de estatus socioeconómico y de ingreso;
- diferencias en vulnerabilidad resultan de desigualdades multidimensionales producidas por procesos de desarrollo desiguales;
- esas diferencias configuran riesgos diferenciales producidos por el cambio climático;
- personas marginalizadas social, económica, cultural, política o institucionalmente son especialmente vulnerables al CC. La desigualdad hace que los impactos del cambio climático y la carga de la adaptación pesen sobre todo, de manera desproporcionada, sobre los más vulnerables y los transfiera a las futuras generaciones.

## CONSIDERACIONES FINALES

Los informes del IPCC pueden leerse desde una perspectiva que considera a la economía como un sistema abierto a lo social y también a los procesos físicos con los cuales interactúa. Además de lo que representan en términos de una sistematización de la literatura científica relevante para entender las bases del cambio climático, así como sobre sus riesgos e impactos, esos informes ilustran a los economistas y a otros científicos sociales sobre numerosas carencias y desafíos de sus disciplinas. El trabajo transdisciplinario es indispensable pues en esos desafíos se cruzan innumerables factores de tipo económico, social, político, cultural: la generación de riqueza y su distribución, la evolución de la población, la migración, el empleo, el acceso a la tecnología y la información, las estructuras de gobernanza y las instituciones para solución de conflictos, entre otros muchos.

Ante esos desafíos, en un informe elaborado por el International Social Science Council sobre el estado de las ciencias sociales en el mundo (ISSC/UNESCO, 2013), se hace un “urgente y decisivo llamado a las ciencias sociales para investigar de manera más efectiva las causas humanas, las vulnerabilidades e impactos del cambio climático y, en consecuencia, a informar sobre respuestas sociales a los

desafíos relacionados con la sustentabilidad que la sociedad enfrenta ahora”. La expresión “investigar de manera más efectiva las causas humanas” evoca carencias pero alude también al reto de participar en el campo del Grupo de Trabajo I del IPCC, usualmente llamado “La Ciencia”, del cual están excluidas o no han sabido participar las ciencias sociales. Sobre ello hay una constatación crítica en el mencionado informe:

Los problemas ambientales actuales, en particular el cambio climático, son campos reconocidos de investigación en la mayoría de las disciplinas de las ciencias sociales. Pero a pesar de estos esfuerzos, las ciencias sociales se han mantenido al margen de la investigación del cambio ambiental global en la era de la posguerra. El campo sigue estando dominado por las ciencias naturales.

Al constatar lo anterior, el informe del ISSC enfatiza la necesidad de realizar un trabajo científico que atraviese las ciencias naturales, físicas, ingenieriles, humanas y las relacionadas con la salud, para poder entregar un conocimiento creíble que contribuya a la solución de los problemas que encara el mundo en el plano global, uno de ellos el cambio climático calificado en ese informe como “uno de los más grandes desafíos globales que enfrenta la humanidad”.

En cuanto a la economía, en una división del trabajo cuestionable, como hemos visto, se le pide que estime y valore la vulnerabilidad ante el cambio climático, que evalúe los impactos posibles, que defina opciones para la adaptación y la mitigación, que proponga políticas públicas. En la base de todo ello, hay una exigencia de evaluación y medición a la cual, usualmente, se responde con los conceptos y herramientas de la teoría económica convencional, aunque con ciertas aperturas: lo que hemos llamado un *mainstream* ampliado.

Es necesario conocer y valorar los estudios realizados y sus resultados con una actitud crítica:

Aunque la ciencia y la economía del cambio climático han evolucionado mucho en las últimas tres décadas, se ubican todavía en una etapa temprana de desarrollo. Los métodos y la información recientemente desarrollados deben ser evaluados cuidadosamente, constantemente revisados y corregidos cuando sea necesario, siempre en una lucha por construir conocimientos científicos sólidos. En este contexto de incertidumbre, información escasa y limitada aplicabilidad de las metodologías actuales, el rigor científico y técnico deberían ser la condición necesaria para crear cimientos sobre los que se finque la toma de decisión (Estrada et al., 2011:2).

Ante las carencias de enfoques inspirados en la teoría neoclásica, se ha desarrollado la “economía ecológica” a la cual se le ven posibilidades de un trabajo conjunto con corrientes heterodoxas (Douai, 2012). Entre ellas se encuentran las de corte institucionalista que destacan la inserción de las relaciones hombre–naturaleza en el marco de instituciones, culturas y enfoques éticos. Se plantea así la posibilidad de una “*economía socio-ecología*” con la cual se pueden conectar análisis poskeynesianos y neomarxistas. Esto último, siempre y cuando se introduzca el estudio del funcionamiento del sistema socioeconómico en su conjunto, que permita capturar la “complejidad y multidimensionalidad de las estructuras sociales y económicas y de los sistemas naturales así como sus interacciones dinámicas” (*ibidem*).

En un campo más circunscrito, la Association for Heterodox Economics, en un taller realizado en 2008, ha planteado la posibilidad de una “*economía ambiental y de sustentabilidad*” con dos principales áreas de investigación (Douai, 2012): 1) el estudio de las relaciones economía–ambiente (u hombre–naturaleza) en una perspectiva socio-histórica; 2) el estudio de las interrelaciones entre preocupaciones ambientales intergeneracionales (responsabilidad) y justicia social (solidaridad).

Búsquedas, señalamientos y lineamientos para avanzar: todo ello da muestra de un campo dinámico de reflexión en torno al trabajo científico sobre el cambio climático y a las exigencias para las ciencias sociales, especialmente la economía.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Ackerman, Frank (2008). Critique of cost-benefit analysis, and alternative approaches to decision making. A report to friends of the Earth England, Wales and Northern Ireland. <[http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/Ack\\_UK\\_CBACritique.pdf](http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/Ack_UK_CBACritique.pdf)>.
- AGECC (The Secretary-General’s Advisory Group on Energy and Climate Change) (2010). “Energy for a sustainable future. Summary report and recommendations”.
- Allais, Maurice (1978). La economía como ciencia. En *Metodología y Crítica Económica*, Serie Lecturas 26, FCE: 23-44.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy economics: Concepts, issues, markets and governance*. Springer, mayo, 538 pp.
- Bernhardt, Johannes (2012), *Science-policy interaction and the IPCC. A proposal for a comprehensive concept of effectiveness and an analysis of the current structure of the IPCC*, Master’s Thesis Department of Political Science, School of Business, Economics and Social Sciences, University of Hamburg. BIOGUM Research Paper, Research Group Agriculture, No. 26.

- Bruckner, T., I.A. Bashmakov, Y. Mulugetta, H. Chum, A. de la Vega Navarro, J. Edmonds, A. Faaij, B. Fungtammasan, A. Garg, E. Hertwich, D. Honnery, D. Infield, M. Kainuma, S. Khennas, S. Kim, H.B. Nimir, K. Riahi, N. Strachan, R. Wiser, y X. Zhang (2014). "Energy Systems". En: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, 139 pp.
- Damian, Michel (2012). Repenser l'économie du changement climatique. *Economie Appliquée*, t. LXV, núm. 2: 9-46.
- de la Vega, Xavier (2008). Entretien avec Jean Tirole: La concurrence ne doit pas être une religion. *Sciences Humaines*, núm. 189, París, enero 2008.
- Dion, Stéphane, Laurent, Éloi (2012). *From Rio to Rio: A global carbon price signal to escape the great climate inconsistency*. OFCE, París, mayo. <<http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/dtravail/WP2012-16.pdf>>; <[www.carbon-price.com](http://www.carbon-price.com)>.
- Douai, Ali; Mearman, Andrew; Negru, Ioana (2012). Prospects for a heterodox economics of the environment and sustainability. *Cambridge Journal of Economics*, 36: 1019-1032. doi:10.1093/cje/bes053.
- Edenhofer, O., Knopf, B., Luderer, G. (2013). Reaping the benefits of renewables in a non-optimal world. *PNAS*. <[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1310754110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1310754110)> <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1310754110>.
- Estrada, Francisco; Richard, S. J.; Tol, Carlos; Gay García (2011). A critique of the economics of climate change in Mexico. ESRI, Working Paper No. 408, septiembre.
- Goulder, L. H., Pizer, W. A. (2006). The economics of climate change. National Bureau of Economic Research, Working Paper 11923. En *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 2a ed., S. Durlauf, L. Blume (eds.). <<http://www.nber.org/papers/w11923>> (consultado en octubre, 2014).
- IEA (2013). *World Energy Outlook 2013*: <<http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2013SUM.pdf>>.
- IPCC (2005). *SRCCS (Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage)*. Prepared by Working Group III [Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos y L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA, 442 pp.
- IPCC (2011). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Base, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <[http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf)>.

- IPCC (2013b). *Key Economic Sectors and Services*, Working Group II AR5, chap. 10, 86 pp.
- IPCC (2014a). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report. <[http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC\\_WG2AR5\\_SPM\\_Approved.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf)>.
- IPCC (2014b). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC. <[http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_summary-for-policy-makers\\_approved.pdf](http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policy-makers_approved.pdf)>.
- IPCC (2014c). *Climate Change 2014 Synthesis Report*, Fifth Assessment Synthesis Report, Longer report, Adopted 1 November 2014, 116 pp.
- ISSC/UNESCO (2013). *World Social Science Report 2013: Changing Global Environments*. OECD, Publishing y UNESCO Publishing, París.
- Kolstad, C., K. Urama, J. Broome, A. Bruvoll, M. Cariño Olvera, D. Fullerton, C. Gollier, W.M. Hanemann, R. Hassan, F. Jotzo, M.R. Khan, L. Meyer y L. Mundaca (2014). Social, economic and ethical concepts and methods. En: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA.
- Pachauri, S., B. J. van Ruijven, Y. Nagai, K. Riahi, D. P. van Vuuren, A. Brew-Hammond y N. Nakicenovic (2013). Pathways to achieve universal household access to modern energy by 2030. *Environ. Res. Lett.* doi:10.1088/1748-9326/8/2/024015. <<http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024015>>.
- Rhys, John (2011). Cumulative carbon emissions and climate change: Has the economics of climate policies lost contact with the physics? (working paper). Oxford Institute for Energy Studies, 20 pp.
- Stern, Nicholas (2006). *Stern Review: The economics of climate change*, Report to the Prime Minister and Chancellor, 700 pp.
- Tirole, Jean (2009). *Politique climatique: Une nouvelle architecture internationale*, Rapport au Conseil d'Analyse Économique, La Documentation Française, París, 358 p., ISBN: 978-2-11-007872-8.
- Tirole, Jean (2012). Some political economy of global warming. *Economics of Energy & Environmental Policy*, vol. 1, núm. 1, IAEE.
- Tol, Richard S. J. (2006). The economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, núm. 2, primavera: 29-51.

**PARTE II**  
**CAMBIO CLIMÁTICO, RIESGOS,**  
**IMPACTOS Y RESPUESTAS**

---



## MIGRACIÓN AMBIENTAL: ¿UNA ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO?\*

---

*Úrsula Oswald Spring\*\**

### INTRODUCCIÓN

Crecientes incertidumbres en las negociaciones multilaterales acerca de los acuerdos vinculantes sobre emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) obligan a explorar alternativas desde los propios afectados para reducir la creciente vulnerabilidad ambiental (VA) y vulnerabilidad social (VS). El capítulo interroga ¿cómo pudieran personas socialmente vulnerables, especialmente mujeres, que viven en una cuenca altamente riesgosa y afectada por el cambio climático (CC) enfrentar con recursos limitados esta doble vulnerabilidad? El trabajo inicia con una conceptualización de la migración inducida ambientalmente (MIA) y de la doble vulnerabilidad: la VA y la VS. Mediante datos empíricos multidisciplinarios examina la repercusión del CC y los desastres en la cuenca del río Yautepec (CRY), debido al derretimiento del glaciar y las nieves del Popocatepetl, inundaciones y sequías más severas, agravadas por una urbanización caótica, cambios en el uso del suelo, inadecuada gestión productiva, de residuos sólidos y líquidos y un sobreuso de agua en actividades primarias. Como resultado se aumentó la VA y VS, especialmente en el ecosistema de selva baja caducifolia y entre mujeres, jóvenes y ancianos. El subcapítulo siguiente explora con métodos cuantitativos y cualitativos la MIA como opción de adaptación ante el CC, incluyendo las repercusiones sobre las personas que se quedaron en el lugar

---

\* El estudio obtuvo apoyos por parte del DGAPA-PAPIIT en el proyecto de IN304709 con el título "Vulnerabilidad de género entre migrantes ambientales".

\*\* Investigadora titular C de tiempo completo en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la (CRIM-UNAM).

de origen. Finalmente, el estudio explora los procesos de adaptación no sólo entre ecorregiones distintas, sino incluso dentro de un mismo municipio o comunidad. El trabajo concluye que los cambios socioambientales y los procesos de adaptación han creado arenas de conflictos. Cómo fenómenos complejos requerirán de apoyos gubernamentales y del involucramiento de los afectados para superar los conflictos y optimizar los procesos de adaptación.

## APUNTES CONCEPTUALES: MIGRACIÓN AMBIENTALMENTE INDUCIDA

El concepto migración se refiere al movimiento voluntario y forzado de personas que por razones políticas, económicas, familiares, sociales, religiosas o ambientales dejan su lugar de origen y se trasladan a otras áreas de su país (migración interna), sea a otras regiones rurales con mejores condiciones de vida (Montaña de Guerrero a Morelos), a ciudades (urbanización), o a otros países (migración internacional). Mientras que los procesos de urbanización (Mortera, 2000) y migración interna en México son resultado de procesos de descampesinización (Paré, 1977; Bartra, 2012; CEPAL, 1982; Feder, 1975), minifundismo y crecimiento demográfico (Arizpe, 1982; Pepin-Lehalleur, 1998), falta de extensionismo (González, 1999; García, 2004; Rubio, 2007), políticas gubernamentales anticampesinado (Oswald *et al.*, 1979; Huitzer, 1979; Kaji, 2001) y la pérdida de la subsistencia han obligado a miembros o familias enteras a buscar su supervivencia en otros lados (Oswald, 1991). Al quedarse parte de la familia se reestructura la distribución de trabajo, generalmente para las mujeres que se convierten en jefas de hogar (Ruiz, 2005; Ruddick, 1995; Salles y Tuiran, 2000; Serrano, 2004 y 2013). La migración interna y externa, temporal o definitiva responde a deterioros socioambientales, a veces agravados por conflictos, inseguridad pública, crimen organizado, persecución, pobreza, hambre y violaciones a los derechos humanos (Peters/Wolper, 1995), pero también a la degradación ambiental y los desastres naturales (Williams, 1998 y 1998a). Finalmente, el cierre y la militarización de la frontera del norte, la agudización de la crisis económica, la falta de empleos y los altos costos de vida en ciudades han generado una migración de retorno hacia el medio rural (Rivera, 2011).

El presente estudio se enfoca a la migración ambientalmente inducida (MIA) y no tratará el tema de los llamados refugiados ambientales (Myers, 1993, 1995, 1997, 2002; Bierman y Boas, 2012). La Organización Internacional de Migración definió a estos MIA como:

personas o grupos de personas quienes por razones imperiosas de cambio súbito o progresivo en el ambiente que afecta adversamente su vida o condiciones de vida se ven obligadas a dejar su hogar habitual, o eligen hacerlo de forma temporal o permanente, y se mudan al interior de su país o al extranjero. (IOM, MC/INF/288, 2007: 2)

El simposio UNHCR/IOM/RPG (1996) conceptualizó estos MIA como:

personas desplazadas al interior de su país o su lugar de residencia habitual o quienes han cruzado una frontera internacional y para quienes la degradación ambiental, su deterioro o destrucción ha sido un factor crucial en el desplazamiento.

Ambas definiciones muestran que la MIA es resultado de un proceso complejo, donde además de factores ambientales intervienen procesos sociales, políticos, económicos, culturales, demográficos y personales. Alrededor de la migración en general se han desarrollado cuatro discursos científicos: migración-desarrollo; migración-seguridad; migración-ambiente y migración-género (Serrano *et al.* 2013).

## Migración y desarrollo

Después de la segunda guerra mundial predominaban visiones optimistas acerca del binomio migración-desarrollo. De Haas (2010) sintetizó la discusión científica al afirmar que gobiernos y académicos creían que conocimientos adquiridos, organización del trabajo, relaciones transnacionales y remesas permitirán desarrollar a países subdesarrollados. La migración de retorno fue considerada detonador de desarrollo regional y escape a la pobreza (Papademetriou, 1998). Críticamente, Myrdal (1957) había mostrado una causalidad acumulativa de pobreza, si los gobiernos no instrumentaban políticas que contrarrestaban las desigualdades crecientes para evitar el “desarrollo del subdesarrollo” (Strahm y Oswald, 1990). Glick-Schiller/Faist (2010: 8) vinculaban el debate migratorio “con cambios sociales de gran envergadura y transformaciones sociales que afectaban tanto la migración como el desarrollo”, donde los países del sur se convertían sólo en “socios de implementación” ante presiones de gobiernos industrializados, organizaciones internacionales y empresas transnacionales. Es precisamente la pobreza la causa de migración y perpetúa el subdesarrollo (Faist, 2010), conocimientos sistematizados en la teoría de dependencia gestada en América Latina (Marini, 1973). Lejos de obtener beneficios, Velasco (2002) documentó la fuga de cerebros del sur al norte,

gracias a condiciones mejores de trabajo para profesionistas, aunque su educación había sido financiada por países pobres (Lozano y Gandini, 2010).

Delgado y Márquez (2010) sintetizan el discurso histórico-crítico de la modernización como concepto dominante después de la Guerra Fría apoyado por ayuda al desarrollo desde los países hegemónicos. A finales de los setenta, el neoliberalismo olvidó con su ideología TINA (*There is No Alternative*; Mies, 1998) las causas del subdesarrollo y sus asimetrías subyacentes. En síntesis, las teorías migración-desarrollo se han gestado básicamente por intereses capitalistas, y políticos y académicos los han asimilado acríticamente. Durante la última década, los países BRICS (Brasil, Rusia, India, China, África del Sur) han reducido la pobreza en sus países, cuando contrarrestaron los factores subyacentes —comercio internacional, producción transnacional, sistema global financiero— como limitantes a un desarrollo global equitativo.

### Migración y seguridad

El concepto de “seguritización” (Wæver, 1995, 2008, 2008a) ha convertido la migración en un asunto de importancia crítica (Oswald y Brauch, 2009) que exige medidas extraordinarias, lo que lo convierte en asunto de seguridad (Gasper y Truong, 2010). Históricamente, existían miedos que la migración facilitaba la subversión religioso-cultural, primero por católicos irlandeses y ahora por musulmanes en EUA. La guerra contra el terrorismo ha convertido la MIA, además, en una amenaza a la seguridad nacional (Hugo, 1996; Keane, 2004; Kritz, 1990; Laczko y Aghazarm, 2009). Contrariamente, al ampliar, profundizar y sectorizar la seguridad (Oswald y Brauch, 2009), la migración fue entendida no sólo como seguridad político-internacional de Estado con la consiguiente militarización de fronteras, sino también como proceso de seguridad económica, social, ambiental, de género, urbana y alimentaria. Al cambiar el objeto de referencia del Estado hacia lo humano, la seguridad humana ubicó al migrante en interrelaciones complejas entre países de origen, de destino y familias transnacionales. Pero en estos nexos migración-seguridad el análisis ambiental con perspectiva de género ha quedado rezagado.

### Migración y ambiente

Los debates entre migración y ambiente (CC) se han enfocado en tres debates conceptuales (Tejeda *et al.*, 2007; Perch-Nielsen, 2008; Piguet *et al.*, 2011): refugiados

ambientales vs. migrantes; desplazados ambientales vs. MIA y refugiados climáticos vs. migrantes climáticos (Lonergan, 1998). Mientras que la teoría neoclásica ha enfocado sólo en aspectos económicos, recientemente se mencionan como causas de migración deforestación (Haití), aumentos en el nivel del mar (Bangladesh), desertificación y sequías (Sahel y México) o cambios en el uso del suelo (noroeste de Brasil) (Suhrke, 1992). Los países de mayor emigración —México, China, India y Pakistán— están todos afectados por CC en tierras secas.

### Migración y género

Al centrar los desplazamientos en personas, se han consolidado conceptos como seguridad humana, de género y ambiental (HUGE: Oswald, 2009) o engendrar seguridad a partir de las representaciones sociales (Serrano, 2010) y la justicia social (Serrano, 2013). Si bien los temas ambientales y de desarrollo eran insuficientemente tratados en las teorías de migración, el enfoque de género desde la doble perspectiva de peligros para hombres y mujeres durante el trayecto (crimen organizado, violaciones, militarización, ambiente peligroso) como aquellos quedados atrás en la miseria y el abandono, fueron abordados básicamente por estudios locales y de caso. Falta un debate conceptual interdisciplinario sobre teorías de MIA que incluye la perspectiva de género.

### CAMBIO CLIMÁTICO Y DESASTRES EN LA CUENCA DEL RÍO YAUTEPEC (CRY)

La investigación empírica se localiza en la cuenca del río Yautepec (CRY), ubicado en la parte central de México (figura 1). Abarca cuatro municipios del Estado de México, nueve en Morelos y una parte de Milpa Alta del Valle Metropolitano de la Ciudad de México (VMCM). La CRY se inicia en el glaciar del Popocatepetl (5,452 m) y recibe decenas de afluentes y manantiales del eje neovolcánico. El Popocatepetl limita la cuenca hacia el este y el Chichinautzin (3,476 m) hacia el occidente con el VMCM. Otros afluentes se originan en El Tepozteco. Estas tres subcuencas convergen en la llanura de inundación de Yautepec y recargan el acuífero de Cuautla-Yautepec. Toda la cuenca tiene una superficie de 1,249km<sup>2</sup> y cuenta en 2013 con una población de 300,000 personas.

Figura 1. Zona de estudio



Fuente: Estudios empíricos, CRIM-UNAM.

La diferencia altitudinal de 4,233 m en sólo 27 km genera afluyentes veloces rápidamente saturados durante la época de lluvia. Durante avenidas extremas<sup>1</sup> arrastran rocas, árboles, basura y sedimentos, inundando zonas urbanas cuenca abajo. Aunque históricamente ha sido una cuenca dinámica, el impacto del CC puede percibirse en el incremento de inundaciones:

- El 25-8-1985 la CRY subió en promedio 1.65 m, causando muertes y daños en propiedad e infraestructura urbana. Los ancianos no se acordaban de otra calamidad en su vida.
- El 28-9-1998 la CRY subió 2.40 m con daños en propiedad e infraestructura urbana
- El 28-9-2003 la CRY causó daños en propiedad e infraestructura urbana; se desbordó el afluyente de Apanquezalco desde El Tepozteco
- El 17-8-2010 subió la CRY 1.10 m, inundando el centro de Yauatepec

<sup>1</sup> La CRY cuenta con una capacidad de 190 m<sup>3</sup>/sec. El 25-8-2010 llegaron 400 m<sup>3</sup>/sec de agua antes de llevarse la estación de monitoreo. En la entrada de Yauatepec el río subió 21 m y el promedio en toda la cuenca fue de 2.4 m.

- El 25-8-2010 subió 2.40 m causando mayores daños en infraestructura urbana, casas y mercado
- El 28-8-2011 una reconstrucción incorrecta, deforestación y basura generaban inundación en el entronque Apanquetzalco-Yautepec
- El 16-7-2013 se inundó la quinta toma y campos de cultivos. Hubo diversas inundaciones más en 2013.

Las inundaciones a partir de 1998 indican cambios en frecuencia, gravedad y capacidad destructiva de la CRY. Esto no sólo se relaciona con el CC —lluvias más torrenciales, desglaciación del Popocatepetl— sino también con cambios en usos del suelo, tala clandestina, extracción de tierra, erosión de microcuencas, invasiones a la CRY, basura y falta de ordenamiento urbano. A su tiempo, la gente en los Altos sufre por mayor sequía.

### Metodología de investigación

El estudio empírico en la CRY combinó métodos cuantitativos y cualitativos con un equipo interdisciplinario. La encuesta (tabla 1) fue complementado con entrevistas en profundidad a líderes locales y políticos; observación participativa; grupos focales; talleres y análisis de movimientos sociales. Además, se estudiaron procesos de adaptación y resiliencia entre las comunidades afectadas.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Se dividió la investigación en tres fases: en el primer año un equipo multidisciplinario recolectó bibliografía regional, temática y se examinaron series estadísticas de producción, demografía, salud y eventos hidrometeorológicos, relacionados con la investigación. Estos datos se plasmaron en mapas, complementados por aerofotos e imágenes de satélites, capaces de explicar los cambios en los ecosistemas y uso del suelo. Un seminario permanente con los participantes integró metodologías provenientes de diferentes disciplinas. En el segundo año se condujo una encuesta con preguntas cerradas y semiabiertas, entrevistas en profundidad a autoridades de agua, protección civil, escolares y representantes religiosos, así como historias de vida a familias de migrantes. En esta fase se analizaron las transformaciones en: territorio, condiciones naturales (agua, suelo, erosión, sedimentación, pérdida de biodiversidad, cambios en uso de suelo y reservas ecológicas), inversiones privadas y públicas, políticas de ordenamiento territorial y ambiental. En el tercer año se integraron los datos con estudios específicos sobre deterioro físico del suelo, proyectos agropecuarios y perfiles epidemiológicos. Mediante grupos focales se exploraron las opciones para campesinos de subsistencia. Se analizó la feminización de la producción agropecuaria, los procesos de migración, la transformación de la economía local y regional, los cambios en los cultivos, así como estrategias para mitigar la falta y contaminación del agua. En talleres se promovió el composteo de desechos orgánicos, medicina

Tabla 1. Encuesta representativa en la CRY

Fases de encuesta	Personas	Familias	% de mujeres
Primera fase	1,440	385	49%
Segunda fase	2,515	634	51%
Total	3,955	1,019	50%

Fuente: Estudios empíricos, CRIM-UNAM.

## IMPACTOS CLIMÁTICO-ANTROPOGÉNICOS EN PERSONAS Y AMBIENTE: INUNDACIONES Y SEQUÍAS

El impacto mayor se presentó en el cambio del uso de suelo, donde agricultura y áreas conurbadas han transformado el paisaje de Morelos (tabla 2). Las dos zonas metropolitanas —Cuernavaca y Cuautla— coinciden en Cañón de Lobos, sólo separadas por el área natural Montenegro que se encuentra bajo fuerte presión antropogénica (figura 2). La deforestación ha deteriorado 89% de la superficie (figura 3) y la mitad del territorio se dedica a actividades agropecuarias. Se conservan 11% de bosques y selva baja caducifolia originales por presiones poblacionales desde tiempos ancestrales. Las tierras de riego fueron desarrolladas por xochimilcas y tlahuicas, quienes produjeron cosechas de maíz, algodón, chile, frijol, tomates y otros (Maldonado, 1984; Mentz, 2008) y los españoles los convirtieron en caña de azúcar. A partir de 1950 con la apertura de la autopista, la burguesía construyó casas de fin de semana y parques industriales. Estos procesos aceleraron la deforestación, erosión, sedimentación y contaminación, lo que ha aumentado la VA (Oswald y Jaramillo, 2012) y VS.

La VS, las crisis económicas y la pérdida de servicios ambientales han obligado a la población a diversificar sus ocupaciones (PEA; figura 4), aunque pocas veces con mejoramiento en los ingresos. La crisis rural obligó a cambiar de actividades remuneradas: mientras que en 1950 71% de la población trabajaba en el sector primario y 14% en el secundario y terciario, entre 1970-80 se consolidó el sec-

---

tradicional, uso de hierbas medicinales y prácticas de resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos. Con autoridades locales, empresarios y comerciantes se elaboró un mapa temático que visualiza la VA y VS en la cuenca y se propusieron políticas y actividades que consolidarán la adaptación para la población vulnerable.



Tabla 2. Cambios en el uso del suelo, Morelos (ha)

Cambio en uso de suelo	1977	1994	2000	2010
Agricultura	185,799	210,251	287,362	188,041
Bosque y selva primarios y secundarios	232,774	197,805	151,868	71,380
Pastos	67,044	71,552	197,000	202,893
Áreas urbanas y sin vegetación	7,690	15,380	18,563	24,752
Cuerpos de agua	793	834	834	834

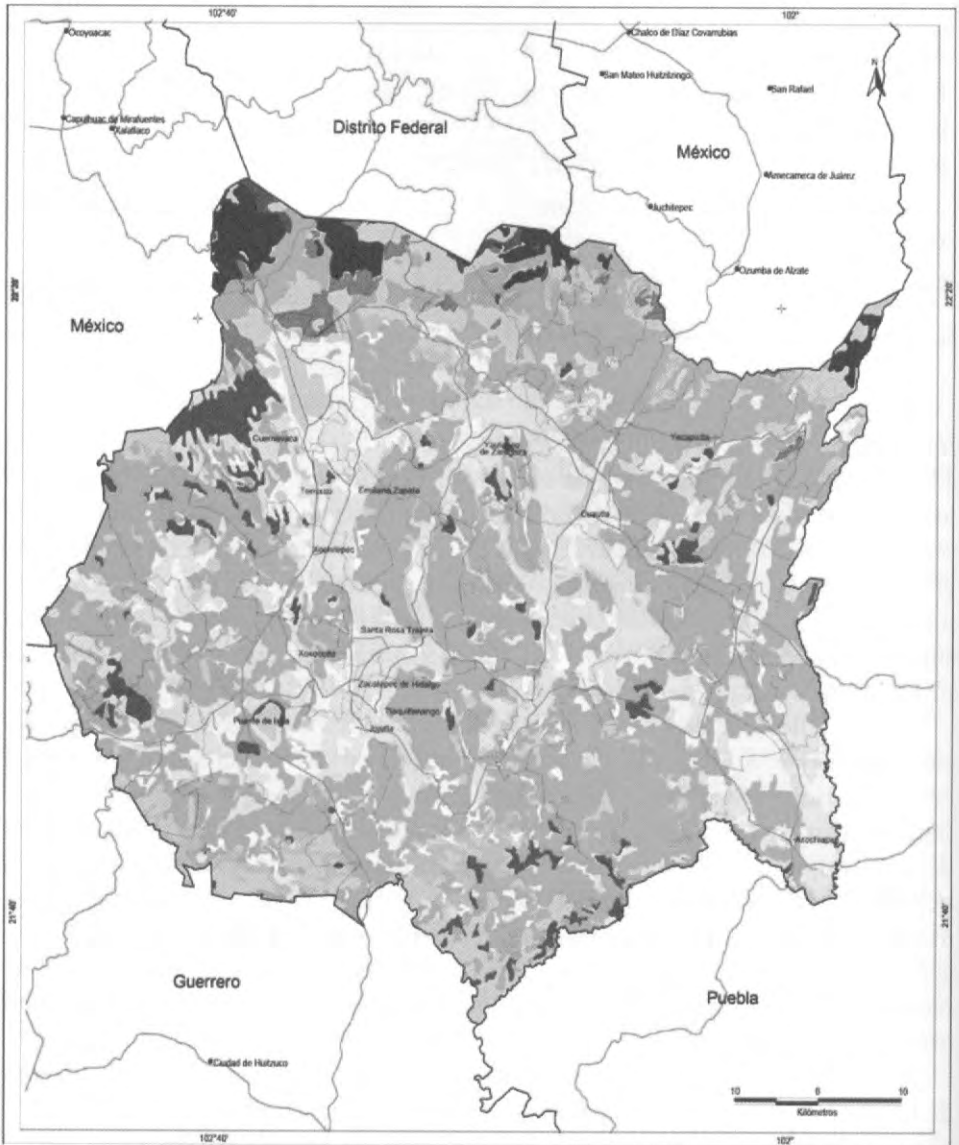
Fuente: Rueda (2006) e INEGI. 2010/INECC (2013).

tor terciario con 60% del PEA, el primario bajó a 27% y el industrial aumentó a 13%. En 2010 predominaban los servicios, seguido por la industria (figura 5) y lo agropecuario quedó en 16%. En cuanto a la riqueza generada, los cambios de sectores reflejan la racionalidad económica: el sector terciario generó 62% del PIB, el secundario un tercio y el agropecuario 4% (figura 6). En la CRY existe además un desequilibrio en el uso del agua, ya que la agricultura aprovecha 95% del agua superficial y 23% subterránea, lo que afecta a ecosistemas, personas y actividades productivas (figura 7).

En la cuenca existen condiciones precarias de vida entre la mayoría de la población: sólo 13.6% no sufre marginación, mientras que 44.7% de los habitantes viven en condiciones de extrema o alta pobreza. En 27% de hogares, encabezados por mujeres, existe pobreza extrema y VS. Esta situación se agrava por las alteraciones del entorno natural: 79% se preocupan por cambios medioambientales: primero por falta de agua, seguido por miedo a inundaciones y pérdidas de cosechas (figura 8). Al profundizar en las causas aparece el mal manejo de basura. Diariamente se generan 1.3kg de desechos sólidos/persona y la región carece de una política de reciclamiento y composteo, a pesar de que casi la mitad de la basura es de origen orgánico (figura 9).

El agua es el factor de mayor impacto en la vida cotidiana y la salud. Además de los desastres (sequía, inundación), están las enfermedades hídricas. En 1992, toda la región estuvo afectada por una epidemia de cólera, cuando aguas negras contaminaron aguas domésticas. La emergencia se controló después de semanas con decenas de muertos y miles de enfermos. La región es también endémica en

Figura 2. Uso de suelo en el estado de Morelos



Fuente: INECC (2013).

Figura 2. (Continuación)



## ESTADO DE MORELOS CAMBIO DE LA VEGETACIÓN Y DEL USO DEL SUELO, 1976-2008

### Leyenda

- Bosque de coníferas primario sin cambio
- Bosque de latifoliadas secundario sin cambio
- Bosque de coníferas-latifoliadas primario sin cambio
- Bosque mesófilo de montaña primario sin cambio
- Selva caducifolia y subcaducifolia secundaria:
  - Sin cambio
  - Secundaria a bosque de latifoliadas secundario
  - Secundaria a pastizal inducido o cultivado
  - Secundaria a agricultura de temporal
- Pastizal inducido o cultivado:
  - Sin cambio
  - Pastizal inducido o cultivado a selva caducifolia y subcaducifolia secundaria
  - Pastizal inducido o cultivado a agricultura de temporal
- Agricultura de riego y humedad:
  - Sin cambio
  - A agricultura de temporal
  - A asentamiento humano
- Agricultura de temporal:
  - Sin cambio
  - Agricultura de temporal a selva caducifolia y subcaducifolia secundaria
  - Agricultura de temporal a pastizal inducido o cultivado
  - Agricultura de temporal a agricultura (riego y humedad)
  - Agricultura de temporal a asentamiento humano
- Otros cambios (poco significativos, según superficie ocupada)

### Simbología convencional

- Límite estatal
- Carretera interestatal
- Límite municipal

### Fuentes cartográficas

Pérez, J. L., y Navarro, E. (2011). Carreteras principales de la República Mexicana, producto generado con base en vias terrestres del INEGI, escala 1:250000; Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.  
 INEGI (2009). Uso de suelo y vegetación 2008 (Serie IV). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags.  
 INEGI (2005). Uso de suelo y vegetación 1976 (Serie I). Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, Ags.

### Autores

Pérez Damián J. L.; Villalobos Delgado M.; Rosete Vergés F.; Salinas Chavez E.; Remond Noa, R.; y Navarro Salas E.

### Editores cartográficos:

Pérez Damián J. L., y Navarro Salas E.

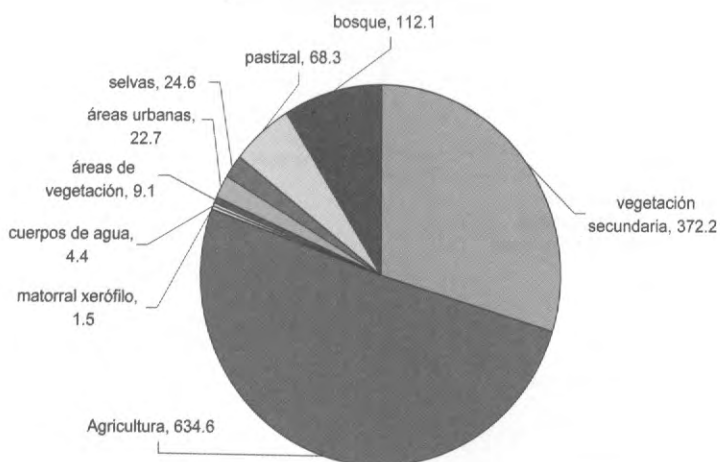
### Especificaciones cartográficas

Esferoide Clarke de 1866  
 Proyección Cónica Conforme de Lambert  
 Parámetros: Primer Paralelo 17° 30' 00"  
 Segundo Paralelo 29° 30' 00"  
 Meridiano Central -102° 00' 00"  
 Falso Este 2000000  
 Falso Norte 0.0  
 Datum Horizontal NAD 27  
 Fecha de edición Febrero de 2013

Proyecto No. DNE/ADA-056/2003 "Elaboración de la cartografía del uso del suelo y de la vegetación en México, del período 1976-2008", Escala 1:250 000.  
[www.inec.gob.mx/ensopar/](http://www.inec.gob.mx/ensopar/)

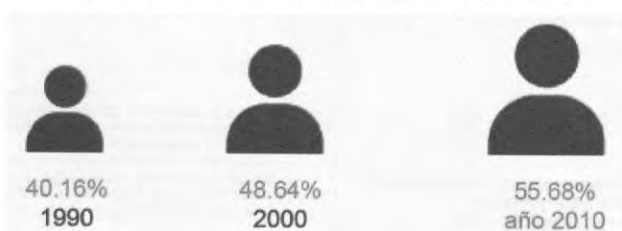
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Semarnat  
 Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas  
 Dirección de Ordenamiento Ecológico  
 Subdirección de Sistemas de Información Geográfica

Figura 3. Uso de suelo en la CRY



Fuente: Estudios empíricos, CRIM-UNAM.

Figura 4. Población económicamente activa (PEA)



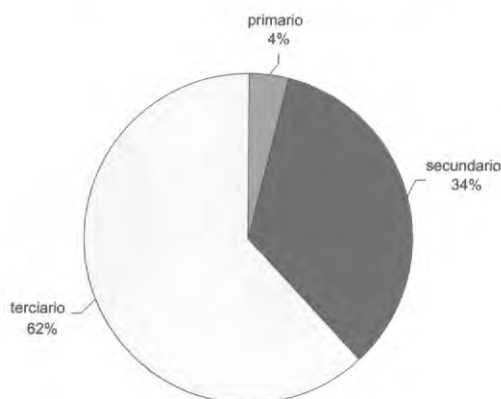
Fuente: INEGI (2010).

Figura 5. Población económica por sector



Fuente: INEGI (2010).

Figura 6. Producto interno bruto (PIB)



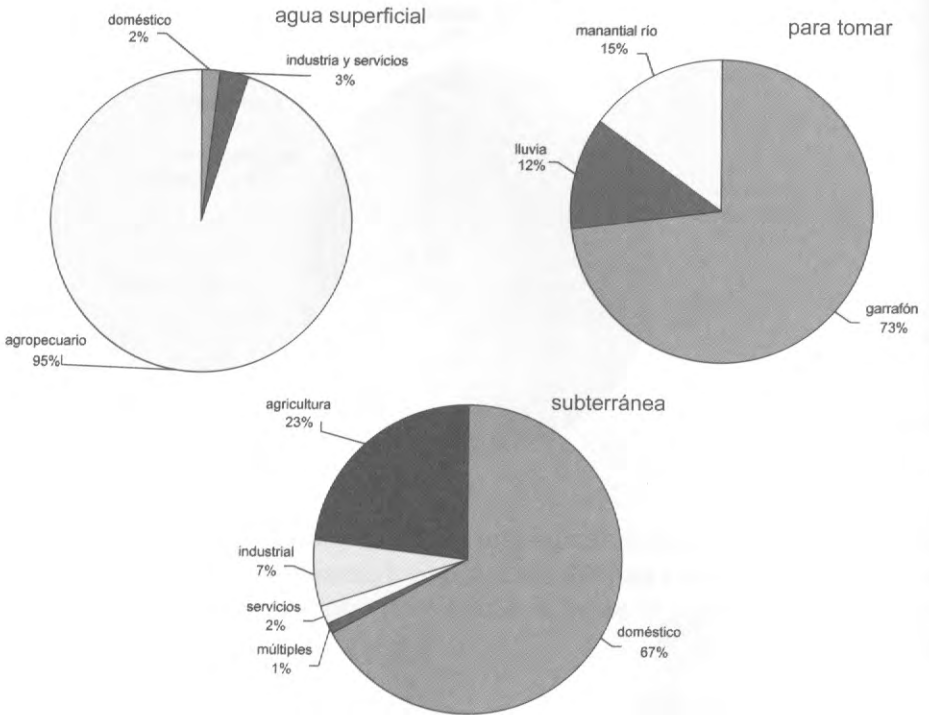
Fuente: INEGI (2010).

cisticercosis. El aumento de temperatura y uso de plásticos han incrementado el dengue entre 2005-2012 en 600%, incluyendo al dengue hemorrágico. En enero de 2013, el Departamento de Salud de Morelos reportó 5,016 casos, principalmente en la CRY.

## MIGRACIÓN AMBIENTAL COMO OPCIÓN DE ADAPTACIÓN

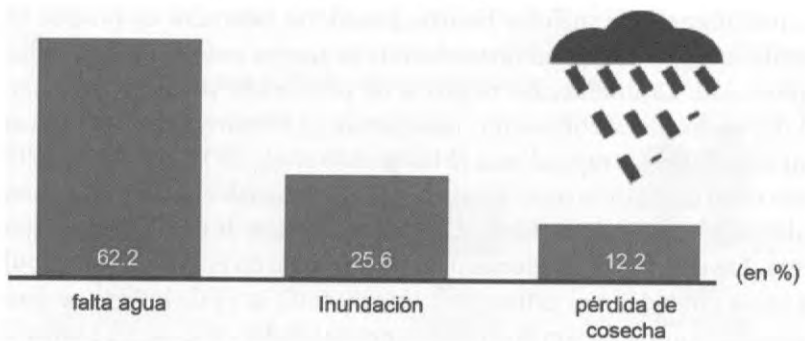
Los mal llamados desastres ‘naturales’ se relacionan además del CC con factores antropogénicos (cambios de uso del suelo, deforestación, erosión en cuencas y laderas, mal manejo de suelos y basura, ganadería extensiva en bosque tropical, sobrefertilización, etc.). La miniparcelación de tierras entre ríos ha agudizado su sobreexplotación. La interacción negativa ha provocado pérdidas en la fertilidad natural del suelo y desertificación, reduciendo la biodiversidad en el bosque de pino-encino y la selva tropical seca (Maldonado *et al.*, 2004, Arias *et al.*, 2002). La población rural ha perdido servicios ecosistémicos cruciales y la crisis la ha depauperado. Además, el crecimiento poblacional y la migración de retorno están agravando la pobreza. Las difíciles condiciones de supervivencia en el campo han expulsado a jóvenes hacia ciudades o el extranjero, aumentando la VS de los que se quedaron. Especialmente complejas son las condiciones naturales en la Sierra Madre del Sur. Desde los noventa, los campesinos, engañados con promesas de la revolución verde,

Figura 7. Uso del agua



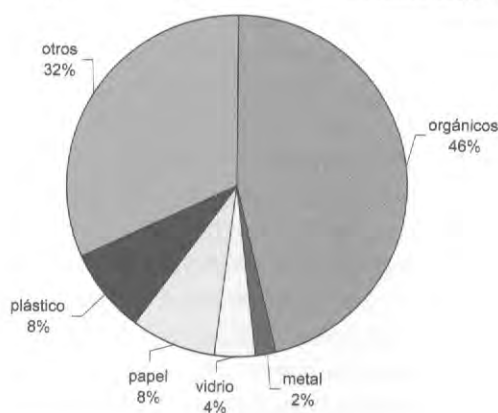
Fuente: Estudios empíricos, CRIM-UNAM.

Figura 8. Percepción de riesgos ambientales



Fuente: Estudios empíricos, CRIM-UNAM.

Figura 9. Composición de los desechos sólidos



Fuente: Estudios empíricos, CRIM-UNAM.

han extenuado sus tierras con maíz y cultivos comerciales. Después de 2005, la erosión eólica e hídrica ha destruido pastizales, así que la modernización ha agravado la VA. Fenómenos hidrometeorológicos más extremos (inundaciones y sequías en los Altos; IPCC, 2012) han enfrentado a familias a dilemas de supervivencia. En la Sierra Madre dos tercios de las familias cuentan al menos con un migrante en EUA. La falta de agua y tierras productivas ha exacerbado además conflictos locales por controlar el agua para riego y consumo humano, donde poderes caciquiles habían acaparado este recurso en beneficio de líderes corruptos.

Por último, existe vulnerabilidad de género (Oswald, 2013) que afecta especialmente a mujeres, niños, jóvenes, personas con discapacidad y en edad avanzada. Las mujeres no sólo sufren por discriminación y violencia histórica, sino que se quejan de una discriminación cuádrupla (indígenas, mujeres, migrantes y pobres; Estrada 2013). Durante el proceso de migración su *VS* aumenta (Oswald, 2012), ya que las migrantes son violadas y las niñas son frecuentemente víctimas de trata o explotación sexual (Iglesia católica, 2008). Durante los desastres mueren también más mujeres y niñas, debido a su discriminación histórica, la falta de capacitación, pero sobre todo por sus representaciones sociales construidas. Las mujeres fueron socializadas para cuidar de los demás incluyendo animales domésticos (Birkman, 2006; Oswald, 2008; Ariyabandu y Fonseca, 2009), a veces a costa de su propia vida.

Entre las mujeres que se habían quedado en casa aumentó la VS por tareas nuevas y desafíos como jefas de hogar. Ahora son responsables del campo, hogar, educación de los niños e ingresos, y a menudo, cuidan también a sus padres. Esta carga excesiva de trabajo crea presiones psicológicas y muchas mujeres requieren antidepresivos para superar las tensiones ante tareas desconocidas. Entre estas mujeres vulnerables en comunidades expuestas, incluso eventos no extremos pueden producir pérdidas de vidas y medios de supervivencia. No obstante, las mujeres que enfrentan estos roles nuevos no sólo sufren, sino que se empoderan también. Asumen responsabilidades en servicios públicos locales —escuela, agua, gestión de residuos y transporte—. A menudo luchan contra liderazgos patriarcales bien establecidos, generalmente corruptos. Al desarrollar una gestión transparente en agua no sólo reducen la mortalidad infantil y enfermedades hídricas, sino que aumentan la disponibilidad de agua para casas en las orillas. Su participación pública está cambiando la política local tradicional. Pasos siguientes serían competir por puestos de presidenta municipal, diputada local/federal o senadora, donde la perspectiva de género permitirá reducir esta doble vulnerabilidad VA y VS.

## ALGUNAS IDEAS CONCLUSIVAS

La variabilidad climática y la modernización insustentable han creado varios ciclos de conflictos en la CRY. El primero se relaciona con la venta de tierras a compradores urbanos que dio a campesinos un ingreso en el corto plazo, pero los privó de un potencial productivo que permitía, aunque sea precariamente, un medio de vida. Como consecuencia, esposos y jóvenes emigraron, dejando en el lugar de origen pobreza, angustia, deterioro natural y conflictos. Una combinación entre gestión inadecuada de recursos naturales, ausencia de políticas de prevención ante el CC y presiones desde el sistema social relacionadas con el crecimiento poblacional e intereses económicos de corto plazo, han producido una transformación extrema del paisaje, con pérdidas dramáticas en servicios ecosistémicos. Agravada por procesos más lentos en curso como el CC, la VA ha agudizado desastres, donde personas expuestas han perdido su supervivencia e incluso su vida.

Un segundo ciclo de conflictos se vincula con el cambio de uso de suelo agrícola a urbano. La pérdida de tierras agrícolas ha obligado a campesinos a buscar trabajo en industrias y servicios. La crisis económica ha reducido la demanda laboral local y los jóvenes han emigrado a ciudades o EUA, generalmente sin mejorar sus capitales humanos. Aun así, la migración está ofreciendo una estrategia de adap-



tación, capaz de reducir las presiones socioambientales locales. Un tercer ciclo de conflictos se relaciona con jóvenes desempleados que entran a bandas criminales con el consiguiente aumento de inseguridad pública y la siembra de enervantes. Más de 150,000 asesinatos entre 2006-2012 atestiguan los peligros inherentes en el crimen organizado.

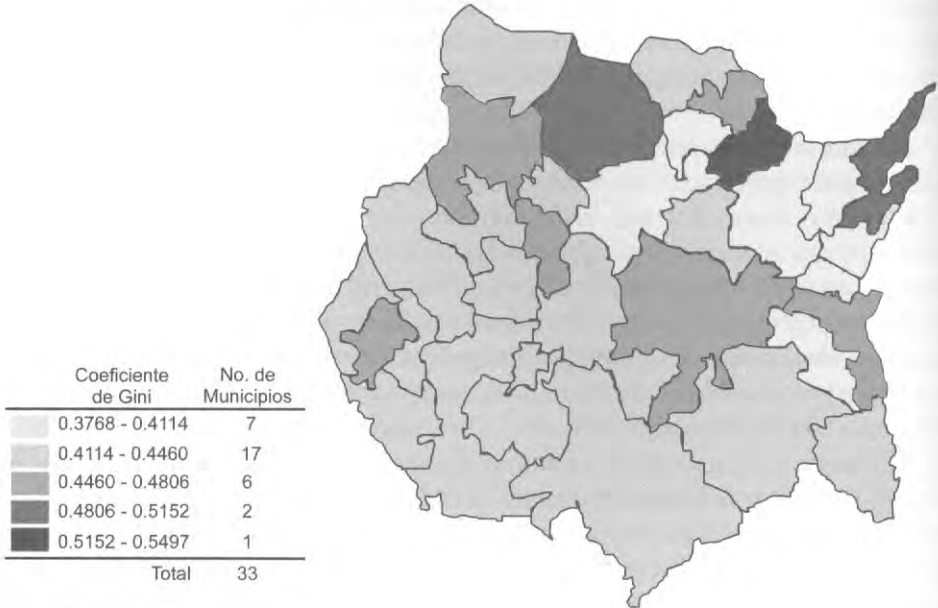
Finalmente, la agudización de la crisis ha generado en la CRY no sólo emigración, sino también migración de retorno desde ciudades, debido a desempleo, escasez de alimentos, viajes largos al trabajo y falta de servicios sociales, resultado del neoliberalismo imperante por parte del gobierno mexicano desde 1988. Además, el gobierno de Obama ha expulsado 1.3 millones de migrantes indocumentados y varios han regresado a su lugar de origen (Pew Hispanic Center, 2013). Sin dinero y trabajo, ahora viven del apoyo familiar, pero con fuertes tensiones sociales, especialmente por los niños nacidos en EUA, que no conocen la cultura rural local, ni el sistema escolar mexicano.

Un cuarto círculo conflictivo está vinculado con la inmigración desde los estados vecinos —Guerrero, Puebla, México, D.F.— donde marginales buscan mejorar su vida y trabajo. Estos inmigrantes ocupan tierras marginales y mediante invasiones colectivas destruyen ecosistemas importantes y zonas de recarga hídrica. Sus casas construidas con materiales precarios se ubican frecuentemente en zonas riesgosas. Durante un desastre estos cuchitriles no resisten las avenidas y las personas quedan a veces enterradas bajo aludes de lodo. Estos cuatro escenarios de conflicto han aumentado la VA y VS de los más pobres, limitando su capacidad de adaptación y generando tensiones en la región. Los desafíos naturales y sociales se agravan aún por la alta desigualdad social, expresada en el índice Gini (figura 10), particularmente severa en los Altos.

En términos analíticos, la combinación entre aumento de amenazas ambientales, precariedad social y desigualdad se acrecientan las VA y VS. La retroalimentación negativa entre ambas vulnerabilidades incrementa los riesgos para los más vulnerables, pero puede producir también anomia social (Durkheim, 1991), malestar personal (Burin *et al.*, 2000), alienación e incertidumbre ante cambios desconocidos.

En cuanto a la pregunta cómo personas pobres pueden adaptarse y superar su VA y VS en una cuenca expuesta al CC, los datos empíricos arrojaron estrategias múltiples. Campesinos afectados cambiaron a) de maíz hacia cultivos comerciales (tomates verdes y rojos); b) siembra de cultivos comerciales con menor demanda de agua (de caña de azúcar hacia sorgo; de tomate a nopal); c) migración interna o internacional y migración de retorno para enfrentar condiciones climáticas difíciles, agravadas por deterioros sociales. Los procesos de adaptación difieren

Figura 10. Índice Gini en Morelos



Fuente: Coneval (2013).

no sólo a nivel local, sino también entre familias. La mayoría de estas familias aún no ha comprendido el impacto de la globalización regresiva (Held/McGrew, 2007; Bohle, 2001, 2002, 2007) agravada por el CC (Brauch *et al.*, 2008, 2009, 2011; Oswald, 2011). Por tanto, sus estrategias de adaptación van lentas, a menudo con altos costos materiales, emocionales y culturales y generalmente sólo para mantener sus medios precarios de vida. Además, las familias en la CRY cuentan con poco apoyo gubernamental, por lo que lidian solas con su vida precaria y una situación ambiental-climática riesgosa.

Durante la investigación se comprobó que diversos afectados han percibido la complejidad de VA y VS. Mediante ajustes empíricos han desarrollado herramientas de adaptación y nuevas capacidades para enfrentar sus condiciones socionaturales más complejas. Políticas gubernamentales dirigidas a reducir esta doble vulnerabilidad permitirán consolidar las habilidades existentes, capacitar a las personas a nivel local para adaptarse y recuperar ambientalmente la cuenca mediante composteo, reciclamiento y manejo de desechos sólidos y líquidos.

Ello reducirá los peligros por inundación, generará suelos para reforestación y agricultura orgánica y producirá trabajo e ingresos. La reforestación masiva en la parte superior de la CRY facilitará la infiltración pluvial, reducirá las inundaciones torrenciales y la sedimentación en la cuenca baja, además de mejorar la recarga del acuífero. Apoyada por energías renovables se podrá crear un sistema económico sostenido y sustentable con oportunidades económicas locales. Los procesos diferentes de sustentabilidad aumentarán además la capacidad adaptativa local, reducirán la migración e integrarán las mujeres jefas de hogar, lo que permitirá consolidar una seguridad integral: una seguridad humana, de género y ambiental (Oswald, 2009).

## REFERENCIAS

- Arias, Dulce M., Oscar Dorado y Belinda Maldonado (2002). Biodiversidad e importancia de la selva baja caducifolia: la Reserva de la Biósfera de la Sierra de Huautla. *Conabio, Biodiversitas*, núm. 45: 7-12.
- Ariyabandu, Madhavi Malalgoda y Dilrukshi Fonseka (2009). Do disasters discriminate? A human security analysis of the tsunami impacts in India, Sri Lanka and Kashmir Earthquake. En H.G. Brauch, Ú. Oswald-Spring, J. Grin, C. Mesjasz, P. Kameri-Mbote, N. Chadha-Behera, B. Chourou, H. Krummenacher (eds.), *Facing global environmental change. Environmental, human, energy, food, health and water security concepts*. Berlín: Springer-Verlag: 1223-1236.
- Arizpe, Lourdes (1982). Relay migration and the survival of the peasant household. En J. Balan (ed.), *Why people move. Comparative perspectives on the dynamics of internal migration*, París: UNESCO: 187- 209.
- Bartra, Armando (2012). *Los nuevos herederos de Zapata. Campesinos en movimientos 1920-2012*, CNPA, Circo Maya, Cámara de Diputados, México, D.F.
- Biermann, Frank e Ingrid Boas (2012). Climate change and human migration. Towards a global governance system to protect climate refugees. En J. Scheffran *et al.* (eds.), *Climate change, human security and violent conflict*. Berlín: Springer-Verlag: 291-300.
- Birkman, Jörn (2006) (ed.). *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*. Tokio: United Nations University Press.
- Bohle, Hans-Georg (2001). Vulnerability and criticality. Perspectives from social geography. *Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP Update (2/2001)*, pp. 1-7. En <[http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/update/update01\\_02/IHDP Update01\\_02\\_bohle.html](http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/update/update01_02/IHDP Update01_02_bohle.html)>.

- Bohle, Hans-Georg (2002). Land degradation and human security. En E. Plate (ed.), *Human security and environment. Report on a workshop held in preparation for the creation of a research and training center for the UN*. University in Bonn, Karlsruhe.
- Bohle, Hans-Georg (2007). *Living with vulnerability. Livelihoods and human security in risky environments*, *InterSecTions*, vol. 6/2007. UNU-EHS, Bonn: 1-28.
- Brauch, Hans Günter, Úrsula Oswald Spring, Czeslaw Mesjasz, John Grin, Pal Dunay, Navnita Chadha Behera, Béchir Chourou, Patricia Kameri-Mbote, P.H. Liotta (eds.) (2008). *Globalization and environmental challenges: Reconceptualizing security in the 21<sup>st</sup> century* Berlín: Springer-Verlag.
- Brauch, Hans Günter, Úrsula Oswald Spring, John Grin, Czeslaw Mesjasz, Patricia Kameri-Mbote, Navnita Chadha Behera, Béchir Chourou, Heinz Krummenacher (eds.) (2009). *Facing global environmental change. Environmental, human, energy, food, health and water security concepts*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Brauch, Hans Günter, Úrsula Oswald Spring, Czeslaw Mesjasz, John Grin, Patricia Kameri-Mbote, Bechir Chourou, Jörn Birkmann (eds.) (2011). *Coping with global environmental change, disasters and security-Threats, challenges, vulnerabilities and risks*, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Burin, Mabel, Esther Moncarz y Susana Velázquez (2000). *El malestar de las mujeres. La tranquilidad recetada*. Barcelona: Paídos.
- CEPAL (1982). *Economía campesina y agricultura empresarial*. México: Siglo XXI Editores.
- Coneval (2013). *Prioridades de desarrollo social para el Plan Nacional de Desarrollo*. México: Coneval.
- De Haas, Hein (2010). Migration and development. A theoretical perspective. *IMR*, 44 (1) Spring: 226-264.
- Delgado Wise, Raúl y Humberto Márquez Cavarrubias (2010). Understanding the relationship between migration and development. Toward a new theoretical approach. En Nina Glick Schiller y Thomas Faist (eds.), *Migration, development and transnationalization. A critical stance*, Nueva York: Berghahn Books: 142-175.
- Durkheim, Emilie (1991). *De la division du travail social*. París: PUF.
- Estrada Álvarez, Adriana (2013). Discriminación social y construcción ciudadana entre migrantes campesinos. En Ú. Oswald-Spring, S.E Serrano-Oswald, A. Estrada-Álvarez, F. Flores-Palacios, M. Ríos-Everardo, H.G. Brauch, T.E. Ruíz-Pantoja, C. Lemus-Ramírez, A. Estrada-Villareal, M. Cruz, *Vulnerabilidad social y género entre migrantes ambientales*. CRIM, DGAPA-UNAM, RETAC-Conacyt, Cuernavaca (en prensa).
- Faist, Thomas (2010). Transnationalization and development. Towards an alternative agenda. En N. Glick-Schiller y T. Faist (eds.). *Migration, development and transnationalization. A critical stance*. Nueva York-Oxford: Berghahn Books: 63-99.

- Feder, Ernest (1975). *La lucha de clases en el campo. Análisis estructural de la economía latinoamericana*. México: FCE.
- García Plutarco, Emilio (2004). Conflictos agrarios y pueblos indios. De la contrarreforma agraria a los llamados focos rojos. En Ú. Oswald-Spring (ed.), *Resolución no violenta de conflictos en sociedades indígenas y minorías*. Mexico: Coltlax, CLAIP, Fundación IPRA, F. Böll: 261-274.
- Gasper, Des y Thanh-Dam Truong (2010). Development ethics through the lens of caring, gender and human security. En Stephen Esquith y Fred Gifford (eds.), *The capabilities approach. A constructive critique*. Penn State University Press, University Park, PA: 58-95.
- Glick Schiller, Nina y Thomas Faist (2010) (eds.). *Migration, development and transnationalization. A critical stance*. Nueva York-Oxford: Berghahn Books.
- González Estrada, Adrián (1999). La descampesinización de México y la clasificación de los sistemas agrícolas. *Agricultura Técnica en México*, 25 (1) enero-junio: 3-34.
- Held, David y Anthony McGrew (2007) (eds.). *Globalization theory. Approaches and controversies*. Cambridge: Polity Press.
- Hugo, Graeme J. (1996). Environmental concerns and international migration. *International Migration Review*, 30(1): 105-131.
- Huitzer, Gerrit (1979). *La lucha campesina en México*. México: Centro de Investigaciones Agrarias.
- Iglesia Católica-Catholic Church (2008). *Survey on gender violence of migration*. Catholic Church, San Antonio.
- INECC (2013). *Estrategia nacional de cambio climático. Visión 10-20-40*. Gobierno de la República, México, D.F.
- INEGI (2010). *Censo general de población y vivienda 2010*. INEGI, Aguascalientes.
- IOM (2007). "Discussion note. Migration and the Environment", 94<sup>th</sup> Session, MC/INF/288.
- IPCC (2012). *Report on extreme events*. Cambridge UP, Cambridge.
- Kaji, E. (2001). *Los hijos de la Tierra hablan. Política, poder local y pueblos indígenas*. Guatemala: CLACSO.
- Keane, David (2004). The environmental causes and consequences of migration. A search for the meaning of 'Environmental Refugees'. *Georgetown International Environmental Law Review*, 16(2): 209-223.
- Kritz, Mary M. (1990). *Climate change and migration adaptations*. Cornell University Working Paper, Ithaca, NY.
- Laczko, Frank y Christine Aghazarm (eds.) (2009). *Migration, environment and climate change. Assessing the evidence*. IOM, Ginebra.

- Lonergan, Steve (1998). *The role of environmental degradation in population displacement*. Global Environmental Change and Human Security Project, IHDP, Research Report 1, University of Victoria, Victoria, B.C.
- Lozano Ascencio, Fernando y Luciana Gandini (2010). *Migrantes calificados de América Latina y el Caribe, ¿capacidades desaprovechadas?* CRIM/UNAM, Cuernavaca.
- Maldonado Jiménez, Druzo (1984). *Cuauhnáhuac y Huaxtepec. Tlahuicas y xochimilcas en el Morelos prehispánico*. CRIM-UNAM, Cuernavaca.
- Maldonado, B., A. Ortiz, y O. Dorado (2004). *Preparados galénicos e imágenes de plantas medicinales. Una alternativa para promotores de salud en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla*. CEAMISH-UAEM, Cuernavaca.
- Marini, Ruy Mauro (1973). *Dialéctica de la dependencia*. Mexico: Ed. Era, Serie Popular.
- Mentz von, Brigida (2008). *Cuauhnáhuac 1450-1675*. México: M.Á. Porrúa.
- Mies, Maria (1998). *Patriarchy and Accumulation on a World Scale*. Melbourne: Zed Book.
- Mortera, Fernanda (2000). *El papel del trabajo doméstico en la reproducción social de la fuerza de trabajo en sectores urbano-populares de México*. Mexico: Ed. Taller Abierto.
- Myers, Norman (1993). Environmental refugees in a globally warmed world. *Bioscience*, 43 (11): 752-761.
- Myers, Norman (1995). *Environmental Exodus. An emergent crisis in the global arena*. Climate Institute, Washington, D.C.
- Myers, Norman (1997). Environmental Refugees. *Population and Environment*, 19(2): 167-182.
- Myers, Norman (2002). Environmental refugees. A growing phenomenon of the 21<sup>st</sup> century. *Philosophical transactions of the Royal Society Londres. Biological Sciences*, Series B., vol. 257: 609-613.
- Myrdal, Gunnar (1957). *Rich lands and poor*. Nueva York: Harper & Row.
- Oswald-Spring, Úrsula, Serena Eréndira Serrano-Oswald, Adriana Estrad-Álvarez, Fátima Flores-Palacios, Maribel Ríos-Everardo, Hans Günter Brauch, Teresita E. Ruíz-Pantoja, Carlos Lemus-Ramírez, Ariana Estrad-Villareal, Mónica Cruz (2013). *Vulnerabilidad social y género entre migrantes ambientales*, CRIM, DGAPA-UNAM, RETAC-Conacyt, Cuernavaca (en prensa).
- Oswald-Spring, Úrsula, Jorge Serrano y Laurentino Luna (1979). *Cooperativas ejidales y capitalismo estatal dependiente*. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, México.
- Oswald-Spring, Úrsula (1991). *Estrategias de supervivencia en la Ciudad de México*. Cuernavaca, CRIM-UNAM.
- Oswald-Spring, Úrsula (2008). *Gender and disasters. Human, gender and environmental security. A HUGE Challenge*. Source 8/2008, UNU-EHS, Bonn.

- Oswald-Spring, Úrsula (2009). A HUGE gender security approach. Towards human, gender and environmental security. En H.G. Brauch *et al.* (eds.), *Facing global environmental change. Environmental, human, energy, food, health and water security concepts*. Heidelberg: Springer-Verlag: 1165-1190.
- Oswald-Spring, Úrsula (2011). *Retos de la investigación del agua*. CRIM-UNAM, Conacyt, Cuernavaca.
- Oswald-Spring, Úrsula y Hans Günter Brauch (2009) (eds.). *Reconceptualizar la seguridad en el siglo XXI*. CRIM/CEIICH/CCA-UNAM, Senado de la República y APES-PRESS, México.
- Oswald-Spring, Úrsula y Fernando Jaramillo (2012). Del Holoceno al Antropoceno: evolución del ambiente en Morelos. En Horacio Crespo y Luis Gerardo Morales Moreno (eds.), *Historiografía de Morelos. Tierra, gente, tiempos del Sur*. Congreso del Estado de Morelos, UAEM, Cuernavaca: 325-384.
- Oswald-Spring, Úrsula (2013). Seguridad de género. En F. Flores (coord.), *Representaciones sociales y contextos de investigación con perspectiva de género*. CRIM-UNAM, Cuernavaca: 225-256.
- Papademetriou, Demetrios (1998). Reflections on the relationship between migration and development”, conferencia presentada en el “International Migration and Development in North and Central America Seminar”, Ciudad de México, 21-22 de mayo.
- Paré, Luisa (1977). *El proletariado agrícola en México*, México: Siglo XXI Editores.
- Pepin-Lehalleur, Marielle (1998). *Reflexiones a partir de una investigación sobre grupos domésticos campesinos y sus estrategias de reproducción. Grupos domésticos y reproducción cotidiana*. México: El Colegio de México, Porrúa.
- Perch-Nielsen, Sabine L., L. Battig, Dieter M. Imboden (2008). Exploring the link between climate change and migration. *Climatic Change*, 91(3-4): 375-393.
- Peters, Julie y Andrea Wolper (1995) (eds.). *Women's rights Human rights. International feminist perspectives*. Nueva York: Routledge.
- Pew Hispanic Center (2013). *Statistical portrait of hispanics in the United States*. Pew Hispanic Center, Washington, D.C.
- Piguet, Etienne, Antoine Pecoud y Paul De Guchteneire (2011) (eds.) *Migration and climate change*. Cambridge-Nueva York: Cambridge University Press.
- Rivera Sánchez, Liliana (2011). ¿Quiénes son los retornados? Apuntes sobre el migrante retornado en el México contemporáneo. En Bela Feldman-Bianco, Liliana Rivera Sánchez, Carolina Stefoni y Marta Inés Villa (comps.), *La construcción social del sujeto migrante en América Latina. Prácticas, representaciones y categorías*. CLACSO, FLACSO y Universidad Alberto Hurtado, Quito.

- Rubio, Blanca (2007). El campo no aguanta más. Claroscuros de un movimiento campesino. En Armando Sánchez (coord.), *Balance del movimiento el campo no aguanta más y evaluación del acuerdo nacional para el campo*. UAM-A, México: 15-37.
- Ruddick, Sara (1995). *Maternal thinking. Towards a policy of peace*. Boston: Beacon Press.
- Rueda, Rocío (2006). *Atlas del Estado de Morelos*. Gobierno del Estado de Morelos y UAEM, Cuernavaca.
- Ruiz Bravo, Patricia (2005). El desarrollo visto desde las mujeres campesinas. Discursos y resistencias. En Daniel Mato (ed.), *Políticas de economía, ambiente y sociedad en tiempos de globalización*. Facultad de Ciencias y Sociales, Universidad Central de Venezuela, Caracas: 71-88.
- Salles, Vania y Rodolfo Tuiran (2000). ¿Cargan las mujeres con el peso de la pobreza? En María de la Paz-López y Vania Salles (eds.), *Familia, género y pobreza*. Mexico: Porrúa, GIMTRAP.
- Serrano-Oswald, Eréndira Serena (2004). Género, migración y paz. Incursiones a una problemática desde una perspectiva multidimensional e incluyente. En Úrsula Oswald (ed.), *Resolución no violenta de conflictos en sociedades indígenas y minorías*. CLAIP/Coltlatx/IPRA-F/Fundación Heinrich Böll, Mexico: 287-306.
- Serrano-Oswald, Serena Eréndira (2010). *La construcción social y cultural de la maternidad en San Martín Tilcajete, Oaxaca*, tesis doctoral, Instituto de Antropología de la UNAM, México.
- Serrano-Oswald, Serena Eréndira (2013). Migration, woodcarving and engendered identities in San Martín Tilcajete, Oaxaca. En Thanh-Dam Truong, Des Gasper, Jeff Handmaker y Sylvia Bergh (eds.). *Migration, gender and social justice. Perspectives on human insecurity*. Heidelberg: Springer: 173-192.
- Strahm, Rudolf H. y Úrsula Oswald-Spring (1990). *Por esto somos tan pobres*. CRIM-UNAM, Cuernavaca.
- Suhrke, Astri (1992). Pressure points. Environmental degradation, migration and conflict, artículo preparado para la Conference on Environmental Conflict, en el Brookings Institute, 11-12, mayo, 1992.
- Tejeda Martínez, Adalberto y Luis Rodríguez Viqueira (2007). Estado de la investigación de los aspectos físicos del cambio climático de México. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, núm. 062, abril: 31-43.
- UNHCR, IOM y RPG (1996). *Environmentally-induced population displacements and environmental impacts resulting from mass migration*. International Symposium, Ginebra, 12-14, abril 1996, International Organisation for Migration with United Nations High Commissioner for Refugees and Refugee Policy Group, Ginebra.



- Velasco Ortiz, Laura (2002). *El regreso de la comunidad. Migración; migración indígena y agentes étnicos. Los mixtecos en la frontera México-Estado Unidos*. El Colegio de México-El Colegio de la Frontera Norte, México.
- Wæver, Ole (1995). Securitization and desecuritization. En Ronnie D. Lipschutz (ed.), *On Security*. Nueva York: Columbia University Press: 46-86.
- Wæver, Ole (2008). Peace and security. Two evolving concepts and their changing relationship. En Hans Günter Brauch *et al.* (eds.), *Globalization and environmental challenges. Reconceptualizing security in the 21<sup>st</sup> Century*. Berlín: Springer-Verlag: 99-112.
- Wæver, Ole (2008a). The changing agenda of societal security. En Hans Günter Brauch *et al.* (eds.), *Globalization and environmental challenges. Reconceptualizing security in the 21<sup>st</sup> century*. Berlín: Springer-Verlag: 581-593.
- Williams, Christopher (ed.) (1998). *Environmental victims*. Londres: Earthscan.
- Williams, Christopher (1998a). An environmental victimology. En Christopher Williams (ed.), *Environmental victims*. Londres: Earthscan.

## Siglas

BRICS	Brasil, Rusia, India, China y África del Sur
CC	Cambio climático
CRY	Cuenca del río Yautepéc
EUA	Estados Unidos de Norteamérica
GEI	Gases de efecto invernadero
HUGE	Seguridad humana, de género y ambiental (en inglés)
MIA	Migración inducida ambientalmente
VA	Vulnerabilidad ambiental
VMCM	Valle Metropolitano de la Ciudad de México
VS	Vulnerabilidad social

# LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES Y LOS DESAFÍOS DE LA ADAPTACIÓN URBANA AL CAMBIO CLIMÁTICO: DISCURSOS Y RESPUESTAS INSTITUCIONALES

---

*Fernando Aragón-Durand\**

## INTRODUCCIÓN

La construcción de capacidades de adaptación al cambio climático debe ser una prioridad en la agenda del desarrollo urbano, vivienda, ordenamiento territorial y medio ambiente en México. Las áreas urbanas son clave para la puesta en marcha de medidas de mitigación y adaptación por diversas razones. De acuerdo con Satterthwaite *et al.* (2009), en las áreas urbanas habita más de la mitad de la población mundial y se llevan a cabo la mayoría de las actividades económicas. En los próximos 5 a 10 años, las vidas y modos de subsistencia de millones de personas se verán afectados por lo que se haga o deje de hacer en los centros urbanos con referencia al cambio climático. Las ciudades generan la mayor cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) y también concentran una gran proporción de gente en riesgo y de empresas que generan el mayor porcentaje de PIB regional y nacional.

Cada vez más se reconoce la necesidad de reconfigurar y transformar las áreas urbanas para que consuman menos recursos, emitan menos contaminación, minimicen la producción de GEI, protejan los ecosistemas y reduzcan los riesgos climáticos. La implementación de medidas de sustentabilidad implica la integración de funciones urbanas que pueden requerir la reestructuración de sistemas energéticos, transporte y el ambiente construido así como una nueva perspectiva de planeación y gestión de los ecosistemas que proveen servicios ambientales. A pesar de

---

\* Autor líder del capítulo 8 “Urban Areas” para el Grupo de Trabajo I del Quinto Reporte de Evaluación del IPCC. Consultor en adaptación al cambio climático, riesgo de desastres y políticas.

mencionarse que el ámbito local es el ámbito más propicio para la adaptación, se ha visto que muchos gobiernos locales tienen capacidad limitada para atender la complejidad e interrelación de tales problemas lo que dificulta enfrentar el cambio climático (Walsh *et al.*, 2013).

La planeación urbana puede modificar los patrones de movilidad de la gente, bienes y servicios, contribuir a la reducción de emisiones de GEI y a la resiliencia de la gente frente a los efectos del cambio climático. Sin embargo, hasta ahora la política y planificación territorial y del desarrollo urbano en México ha adolecido de criterios y estrategias que reorienten la ocupación y consumo del espacio urbano y periurbano y que contribuyan a la mitigación y adaptación. En este sentido, se espera que tanto la tecnología como la regulación óptima del espacio urbano se conciban en consonancia con las políticas de cambio climático. Al respecto, la nueva Ley de Desarrollo Urbano y Vivienda y las respectivas leyes estatales y la implementación de la Ley General de Cambio Climático así como la Estrategia Nacional de Cambio Climático y otros ordenamientos territoriales deberían converger hacia ese objetivo.

Por un lado, en las ciudades, la mitigación y adaptación se empiezan a entender como procesos y políticas complementarias que pueden ser integradas por la planeación del territorio. De acuerdo con Walsh *et al.* (2013), la configuración espacial de las áreas urbanas y la manera en cómo el suelo es usado y transformado tiene implicaciones significativas para la adaptación al cambio climático y la reducción de emisiones de GEI. El uso de energía y las emisiones de GEI en una ciudad dependen de la forma y diseño urbano. De la misma manera, muchas respuestas adaptativas, tales como la conservación de áreas de captación para garantizar la seguridad hídrica, implican decisiones de planeación y administración del suelo. Las más importantes decisiones de planeación se llevan a cabo en el nivel local en las ciudades y la implementación de las políticas públicas ocasiona efectos en cadena. Esto aplica a las acciones de mitigación y adaptación que pueden potenciar u ocasionar conflictos con otros objetivos de sustentabilidad. Esto mismo puede exacerbarse en las ciudades donde las interacciones e interdependencias entre la infraestructura y las poblaciones son particularmente densas. El entendimiento de estos *trade-offs* puede contribuir a políticas climáticas integradas para las ciudades.

Por el otro lado, hasta ahora, el tratamiento de lo urbano en el debate de la adaptación al cambio climático en México ha sido muy escaso. En el plano internacional, como lo explican Revi y Satterthwaite *et al.* (2014), esto pudiera deberse, entre otras cosas, a que las políticas nacionales de cambio climático le dan muy poca importancia a lo urbano en comparación con otros sectores como la agricultura. De la misma manera, las políticas sociales, que influyen en la generación de riesgos,

no reconocen su papel potencial en la reducción de la vulnerabilidad urbana. Otra razón tiene que ver con el foco inicial que las ciudades han puesto en la mitigación gracias en gran medida al apoyo y financiamiento internacional.

En el capítulo 8 “Urban Areas” del Grupo de Trabajo II, *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*, del Quinto Reporte de Evaluación del IPCC, se pronostica el impacto potencial del cambio climático en las ciudades y se examina una serie de medidas que están siendo puestas en práctica para adaptarse a los cambios así como los arreglos institucionales y de gobernanza requeridos. Cabe mencionar que a nivel mundial existen algunos estudios a ese respecto; tales son los casos de Nueva York, Londres, Durban y Dar es Salaam. Así pues, es necesario producir conocimiento nuevo para las ciudades mexicanas e identificar conocimiento ya existente que pudiera ser útil para el diseño e implementación de estrategias de adaptación urbana.

En otros estudios (O’Brien *et al.*, 2006; Schipper y Pelling, 2006; Thomalla *et al.*, 2006; Aragón-Durand, 2011b) se ha mostrado la posibilidad de vincular las agendas de adaptación al cambio climático y de gestión de riesgo de desastres en términos de sinergias institucionales, convergencia de valores y objetivos comunes. Este capítulo pretende contribuir a la construcción de ese vínculo para áreas urbanas y su objetivo es identificar elementos de gestión de riesgo de desastres de origen hidrometeorológico que pudieran servir para el diseño de medidas de adaptación urbana al cambio climático en México.

Una manera de identificar esos elementos es explorar cómo el conocimiento es generado y usado en contextos de desastre. Para lograr esto, se mapean los discursos que la ciencia y la política pública han construido para explicar la causalidad de las inundaciones. La aplicación del análisis del discurso de las inundaciones urbanas permite dar cuenta de los significados que los agentes e instituciones le asignan a los peligros y riesgos, así como los enunciados que definen a las inundaciones como un problema de política pública. Algunos de estos componentes y sus interacciones servirán para proponer conocimiento para la adaptación urbana al cambio climático sabiendo que, en buena medida, la agenda de reducción de riesgo de desastres es el punto de partida para el diseño de la agenda de adaptación al cambio climático.

Además de esta introducción, este capítulo está compuesto por cuatro apartados más. El apartado dos trata de la interfase periurbana y la vulnerabilidad a inundaciones. Es necesario entender que la vulnerabilidad a las lluvias extremas y al cambio climático es un proceso social de generación de condiciones de inseguridad en el cual la urbanización juega un papel central. En el apartado tres se caracterizan algunos elementos discursivos encontrados en el campo de la ciencia y de la política pública para explicar cómo y por qué —se dice— ocurrieron inundaciones

en la interfase periurbana de la ciudad de México. El análisis del discurso resulta útil para identificar factores causales de las inundaciones y la manera en cómo las narrativas determinan respuestas institucionales. Se pone especial atención en la identificación de aquellos elementos que hacen referencia a factores de generación de vulnerabilidad. En el apartado cuatro, se proponen elementos que pudieran ser viables para la construcción de capacidades de adaptación urbana al cambio climático para México y, finalmente, en el cinco, se presentan conclusiones.

## LA INTERFASE PERIURBANA Y LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES

La urbanización transforma los ambientes intra y periurbanos a través de los estreses locales como son las islas de calor y las inundaciones, mismos que pueden exacerbarse con el cambio climático. La comprensión de la urbanización y de sus riesgos asociados así como la distribución de la vulnerabilidad en las ciudades es fundamental para diseñar respuestas efectivas contra el cambio climático. Además, el aumento de la concentración de gente y actividades en los centros urbanos y el número y escala creciente de ciudades puede generar nuevos patrones de peligros, exposición y vulnerabilidad, como es evidente en el incremento en el número de desastres asociados a los extremos hidrometeorológicos y geomórficos como son las inundaciones y los deslizamientos en las áreas urbanas de muchos países de ingreso bajo y medio —muchos de ellos ubicados en América Latina.

La exposición al riesgo hidrometeorológico en áreas urbanas y periurbanas se incrementa cuando los gobiernos locales no cumplen con sus responsabilidades de provisión de infraestructura y servicios para satisfacer necesidades básicas y cuando permiten asentamientos informales en áreas ambientalmente inseguras. Esto es típico de ciudades ubicadas en países con débil gobernabilidad local. Además, con frecuencia cuando se habla del impacto del cambio climático en las ciudades, las referencias que se encuentran en la literatura tienen que ver con los efectos de extremos hidrometeorológicos en combinación con el inadecuado manejo de los cuerpos de agua y sistemas hidráulicos en regiones donde las ciudades se asientan<sup>1</sup> (Revi and Satterthwaite *et al.*, 2014).

De acuerdo con Allen (2003), la interfase periurbana está caracterizada por un mosaico heterogéneo de ecosistemas naturales, agrarios y urbanos, afectados

<sup>1</sup> Como lo refiere la CEPAL (2008) por ejemplo, la ciudad de Villahermosa —en el estado mexicano de Tabasco— sufrió, en 2007, inundaciones que tuvieron consecuencias graves en la base económica de la

por flujos de materia y energía que son requeridos tanto por sistemas urbanos y rurales. En términos socioeconómicos, la interfase periurbana es el lugar donde se lleva a cabo un proceso de urbanización desigual pero continuo acompañado, generalmente, por especulación de la tierra y por actividades informales e ilegales. La composición social de la interfase periurbana es heterogénea y sujeta a cambio en el tiempo, donde coexisten arreglos institucionales débiles y fragmentados. Para efectos del presente análisis, se eligieron las inundaciones de la interfase de la zona sureste de la ciudad de México (municipio de Valle de Chalco, Estado de México) ocurridas en el año 2000, debido a que fue un evento cuya vulnerabilidad fue construida socialmente y sobre el cual se configuraron diferentes discursos que influyeron de diferente manera en la elección y diseño de respuestas institucionales.

En el Valle de Chalco, Estado de México, las inundaciones crónicas han sido el resultado de cambios socioambientales del pasado y del presente ocurridos en la interfase periurbana suroriental de la Ciudad de México. Dichas inundaciones se deben a una compleja interacción entre la urbanización en un área anteriormente lacustre, el deterioro ecológico y hundimiento permanente del suelo, el saneamiento deficiente y las respuestas de política pública inapropiadas. Lejos de resolver la problemática de las inundaciones, las políticas de corto plazo (como el Programa de PRONASOL) crearon condiciones cada vez más inseguras para los habitantes de este lugar.

Visto a detalle, la expansión urbana en el Valle de Chalco, en particular, en zonas agrícolas y lacustres, ocurrió gracias a las migraciones rurales-urbanas y urbanas-urbanas desde finales de los años 70 del siglo pasado. Estas migraciones que se asentaron en la interfase periurbana fueron una respuesta, en cierta medida, al déficit de vivienda popular de bajo costo y a la incapacidad de rentar en la ciudad central. La urbanización periférica, que aumentó debido a las migraciones de los años 70 y 80, fue posible por la venta ilegal de lotes de tierra ejidal. Este tipo particular de urbanización expuso a los habitantes del municipio a los efectos de las inundaciones y su vulnerabilidad —al mismo tiempo— contribuyó al aumento

---

ciudad, con daños y pérdidas que cubrieron dos terceras partes del territorio y que equivalieron al 30% del PIB estatal anual. Estas inundaciones fueron en gran medida resultado de la apertura del sistema de presas generadoras de energía eléctrica y de control ubicadas aguas arriba en el estado de Chiapas, México, que liberaron grandes corrientes hacia los ríos Carrizal y Grijalva, desbordándose y afectando barrios pobres de la ciudad de Villahermosa como la colonia Gaviotas; además del impacto en otras ciudades de la región como Huimanguillo, Tabasco. En ese entonces, las autoridades atribuyeron las intensas lluvias al cambio climático

de los impactos. Las inundaciones de aguas negras ocurridas en los años 2000 se repitieron en cobertura e intensidad en el año de 2010.<sup>2</sup>

El análisis de discurso que a continuación se desarrolla permite revelar la importancia de tomar en cuenta a las instituciones y actores sociales y su participación en la generación de riesgos a lo largo del tiempo; esto quiere decir que incorpora la acción humana, valores y creencias. Se basa en los hallazgos encontrados por Aragón-Durand (2011a) y resume algunos resultados que, para efectos de este capítulo, son los más ilustrativos para entender la construcción discursiva de la causalidad de las inundaciones como un “problema de política pública”. Esto es relevante para la toma de decisiones —entre otras cosas— porque permite identificar las posibles colaciones discursivas que pueden representar consenso entre los actores involucrados, la emergencia de nuevos actores y sus intereses así como asuntos de asignación de responsabilidad y culpa. Como se explica abajo, es interesante notar cómo la vulnerabilidad de la gente aun no se enmarca como un asunto de política urbana y esto es una deficiencia importante en la prevención de inundaciones en ciudades.

## DISCURSOS DE LA CAUSALIDAD DE LAS INUNDACIONES EN LA INTERFASE PERIURBANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Este apartado se divide en dos. La primera parte presenta consideraciones conceptuales y metodológicas en torno a la producción de conocimiento sobre el riesgo de inundaciones que sirven para entender el análisis del discurso aplicado a los desastres. La segunda parte describe de manera breve los cuatro discursos encontrados, a saber: 1) causalidad inadvertida por “ignorancia del objeto del riesgo”; 2) causalidad inadvertida por descuido o negligencia; 3) causalidad accidental, y, 4) causalidad estructural así como algunas coaliciones discursivas existentes entre estos discursos. A partir de los cuatro discursos, se examinan las construcciones retóricas de las inundaciones y su efecto práctico para la formulación de política y toma de decisión.

---

<sup>2</sup> En Aragón-Durand (2007) se explica de manera detallada la construcción social del riesgo en la interfase periurbana del sureste de la ciudad de México, zona ecológicamente frágil e insegura, expuesta a inundaciones recurrentes tanto por lluvias extremas como por el rompimiento de El Canal de la Compañía, un canal que recibe aguas negras de varias colonias del municipio de Valle de Chalco y que las transporta fuera del Valle de México.

## Consideraciones conceptuales y metodológicas

El enfoque construccionista adaptado por Aragón-Durand (2011a) para el estudio de los desastres de origen “natural” establece que las inundaciones “se filtran” en la sociedad a través de los discursos y representaciones que los sujetos hacen de ellas. Esto se evidencia al mirar la producción del conocimiento en los ámbitos de la ciencia y la política pública siendo este último el dominio natural de la argumentación. Aquí se propone entender a las inundaciones como *naturaleza social* lo que implica explorar los roles que los tomadores de decisión, funcionarios, implementadores, científicos y gente afectada desempeñan en su construcción a través de determinadas “afirmaciones de conocimiento” (*knowledge claims*) sobre los factores causales. Estas “afirmaciones de conocimiento” dependen de los valores y creencias de los sujetos, mismas que están condicionadas por el lugar que ocupa el sujeto en la institución a la que pertenece y por sus relaciones institucionales.

Al mismo tiempo, los discursos institucionales condicionan la manera en cómo los sujetos hablan, al determinar el lenguaje y el tipo de asuntos autorizados para referirse a los objetos, sujetos y procesos de interés; en este caso por ejemplo, las lluvias extremas, el riesgo de inundaciones, el Canal de La Compañía y los afectados, entre otros. Además, las instituciones son moldeadas por el tipo de “afirmaciones de conocimiento” de los sujetos y cómo estas afirmaciones construyen significados específicos que son colectivamente compartidos por una comunidad de conocimiento.

Con la intención de identificar similitudes y diferencias en las “afirmaciones de conocimiento”, su convergencia y divergencia entre los distintos sujetos, se recurre al uso del concepto de “dominio social” (*social domain*). De acuerdo con Hilhorst (2004), el concepto de dominio social es sensible a la diversidad de la acción humana, al hecho de que los actores pueden integrar y retrabajar el conocimiento proveniente de diferentes sistemas y dominios y a la posibilidad de que se puede identificar el movimiento de ideas entre los distintos dominios. Se asume que los actores construyen y emplean conocimiento dependiendo del dominio social en el cual se ubican y del tipo de relaciones que establecen.

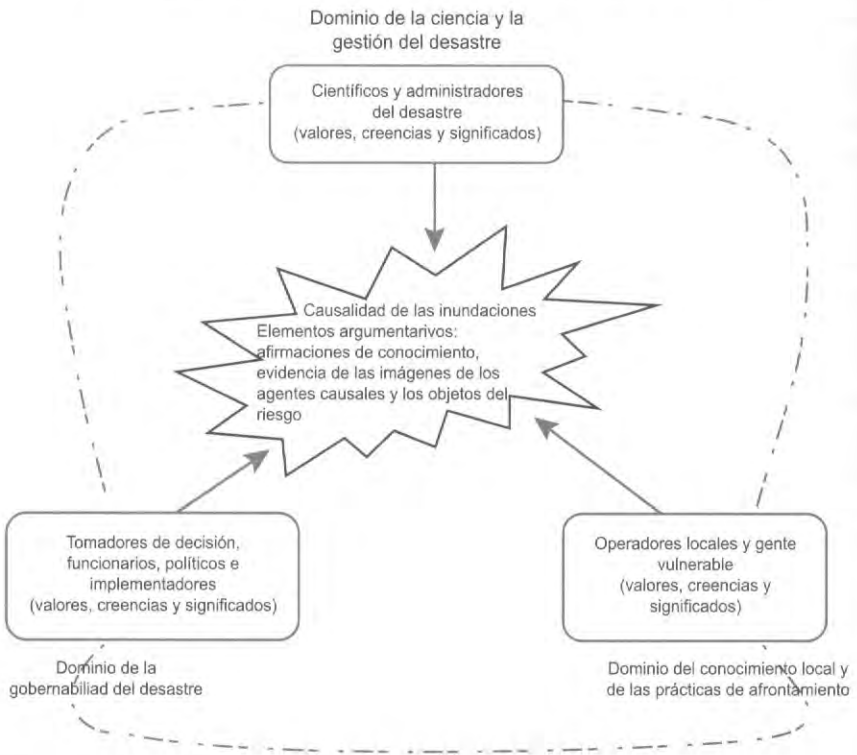
Para llevar a cabo el análisis discursivo de las inundaciones, se retoma la tipología que Hilhorst (2004) hace de los tres dominios sociales del desastre y del riesgo: 1) dominio de la ciencia y de la gestión del desastre, 2) dominio de la gobernabilidad del desastre y dominio del conocimiento y de las prácticas de afrontamiento. Estos dominios se establecen en el supuesto de que la gente que pertenece a un dominio comparte valores e ideas comunes con gente de ese mismo dominio y difiere de personas de otros dominios. Esto se explica por la



proximidad o lejanía física y discursiva existente entre la gente cuando se refieren a las inundaciones.

Es pertinente mencionar que éstos son los principales pero no los únicos dominios que pueden existir en un contexto de desastres; en ocasiones, emerge —entre los tres dominios principales— el dominio de los “traductores” y movilizadores de conocimiento, *knowledge brokers* (conformado por ONG’s, *think-tanks* o *action-tanks*). En este texto no se incluyen estos últimos grupos pero pueden ser objeto de estudio a futuro. La siguiente figura 1 esquematiza el marco de referencia que relaciona los tres dominios mencionados e indica los elementos argumentativos

**Figura 1.** Marco para el análisis de la construcción discursiva de la causalidad de las inundaciones en los dominios sociales del desastre



Fuente: Adaptado de Aragón-Durand (2011a).

(valores, creencias y significados) empleados por el análisis de Aragón-Durand (2011a).

### *Dominio de la ciencia y gestión del desastre*

De acuerdo con Hilhorst (2004), los científicos y administradores del desastre conforman este dominio que está incrustado en un discurso moderno que enmarca naturaleza y sociedad como entidades separadas. Se considera a la naturaleza como una mercancía u objeto que puede ser apropiado y controlado a través del conocimiento “experto” y la administración moderna. Bajo esta lógica, la intención de la gestión del riesgo y desastres es controlar o aislar los peligros a través de la planeación racional y las medidas de ingeniería. El conocimiento en este dominio está compartimentalizado y su producción obedece a una serie de reglas producto de la ciencia. A decir por Garvin (2001), el origen de la evidencia proviene de estudios científicos que tienden a describir a los factores causales y eventos como objetivos y “reales”.

### *Dominio de la gobernabilidad del desastre*

Los burócratas, políticos, tomadores de decisión e implementadores conforman este dominio. Es el dominio de la respuesta al desastre en el cual se definen las prioridades de la sociedad en relación con su riesgo y la vulnerabilidad. El conocimiento proviene del dominio de la ciencia del desastre pero cuando se trata de decisiones, aquél adquiere un carácter distinto: el conocimiento es mediado por la práctica y por las instituciones burocráticas de la gobernanza. Los funcionarios y políticos tejen sus propias narrativas, seleccionando algunas curiosidades científicas que ellos estiman convenientes de acuerdo con sus propias creencias. Las narrativas elaboradas en este dominio reflejan intereses y motivaciones políticas pero al mismo tiempo también están informadas por la gobernanza del riesgo que es culturalmente construida (Hilhorst, 2004) La división entre naturaleza y sociedad no es tan clara como en el dominio anterior. Los peligros “naturales” son comúnmente usados como herramientas retóricas para avanzar en las reivindicaciones de política y justificar las acciones del gobierno. La evidencia que apoya la acción se genera al interior de una compleja madeja de discursos y argumentos que reflejan la carga de valores de los *hechos* y la *verdad*.

*Dominio del conocimiento local y prácticas de afrontamiento*

A diferencia de los sujetos que conforman los dos dominios anteriores, los sujetos que construyen este dominio —operadores locales del sistema de agua y saneamiento, bomberos, brigadistas de protección civil y gente vulnerable por mencionar algunos— pueden ser afectados directamente por las inundaciones y (supuestamente) son el grupo beneficiario de las políticas. La gente vulnerable expuesta al riesgo de inundaciones es la que le confiere un doble significado al fenómeno: como peligro y como respuesta para enfrentarlo. Las interpretaciones de la gente local acerca del riesgo de inundaciones se conforman en un contexto dinámico de actividades diarias, estrategias de supervivencia y medidas de políticas. La gente vulnerable, al enfrentar las emergencias, trata de maximizar sus propias capacidades, recursos y redes sociales. El conocimiento local es utilitario y también fuente de empoderamiento político-económico (Hilhorst, 2004).

Es importante notar que no todos los individuos ubicados en este dominio están igualmente equipados para percibir las situaciones de la misma manera; algunos mejor que otros, como aquellos residentes que se convierten en parte de la burocracia local y por lo tanto tienen acceso a más y mejor información y recursos que otros. En general, la evidencia que obtienen, proviene de historias orales, sentido común, experiencia personal e información diseminada por los medios de comunicación. Todo esto se convierte en conocimiento tácito, empírico e individual. Legitiman la evidencia del riesgo cuando se relaciona con la “sabiduría popular”, como lo asiente Garvin (2001) y llegan a desconfiar de las narrativas de la burocracia.

**Discursos de la causalidad de las inundaciones y del riesgo**

La causalidad de las inundaciones en la interfase periurbana y las respuestas institucionales fueron el contexto del desastre sobre el cual se recolectó información primaria (entrevistas semiestructuradas con informantes clave) que resultó ser muy rica en historias causales. Estas últimas se sometieron a un análisis argumentativo detallado que proporcionó información sobre los sujetos, objetos, sistemas de significados y de declaraciones en torno a los factores que —se dijo— provocaron el desastre; es decir, las acciones (guiadas y no guiadas) y las consecuencias (esperadas y no esperadas). De esta manera, se configuraron cuatro discursos, mismos que a continuación se caracterizan. Para más detalle acerca de la metodología empleada, ver Aragón-Durand (2011a)

Los diferentes discursos se mapearon de acuerdo con las formas en cómo las ideas causales de las inundaciones se ensamblaron y fueron persuasivas en los tres dominios sociales del desastre arriba descrito. De acuerdo con Stone (1989) las historias causales son útiles para investigar cómo los problemas se convierten en la “agenda sistémica”—es decir, el conjunto de asuntos de discusión en un Estado y en la formulación y selección de respuestas alternativas de política.

### *Discurso de la causalidad inadvertida por “ignorancia”*

En este tipo de discurso, el desastre se define como problema de política pública cuando —se dice— que la gente “ignora” o “no entiende” las consecuencias dañinas de sus acciones intencionales. En este caso, los entrevistados se refirieron a, por ejemplo, los efectos colaterales negativos de asentarse en áreas propensas a inundaciones en el Valle de Chalco —como se explicó arriba en el segundo apartado de este capítulo—. Según funcionarios de CONAGUA de la Administración Regional del Valle de México, la gente se asienta en sitios ambientalmente inseguros porque no tiene la capacidad de “darse cuenta” de su exposición crónica al riesgo de inundaciones. Esta explicación es compartida por otros funcionarios y expertos, de la Coordinación General de Protección Civil de México, de la Dirección General de Protección Civil del Estado de México y del CENAPRED que pueden ubicarse en el dominio de la ciencia y administración del desastre. El cuadro 1 enlista los componentes de este discurso encontrados en la investigación.

Este discurso da prominencia a la autoridad y legitimidad al conocimiento de los “expertos” y tomadores de decisión al definir el objeto de riesgo, el agente causal y quién puede ser considerado como culpable. Bajo este discurso, comúnmente los formuladores de política le echan la culpa a la gente afectada —que son vistos como “ignorantes”, “incapaces” de medir el riesgo “real” impuesto por los fenómenos meteorológicos—. Es interesante notar que los sujetos (autoridades y residentes) tienen un peso retórico muy importante en la medida en que, en torno a ellos, se configuran significados de las inundaciones como responsabilidad, culpa y acción. Existe una dicotomía de los sujetos en función de su capacidad de percibir de manera “objetiva” el riesgo y por ende de darse cuenta de las afectaciones potenciales. El objetivo de “prevención de inundaciones” estaría enfocado primordialmente a educar a la gente sobre las amenazas existentes y potenciales y sus posibilidades para evitar zonas en riesgo de inundaciones. La protección civil sería entonces una tarea que buscaría cambiar la percepción del riesgo y

**Cuadro 1.** Discurso de causalidad inadvertida por “ignorancia” del riesgo

Componentes	Significados
Sistema de declaraciones	Las inundaciones son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones a ser aprendidas por “ignorantes”.</li> <li>• Consecuencias predecibles.</li> <li>• Sorpresa para inmigrantes y residentes que “ignorán” el riesgo.</li> </ul>
Sujetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoridades (“conocedores”) <i>vs</i> residentes e inmigrantes ilegales (“ignorantes”).</li> <li>• Poblaciones beneficiarias = “ignorantes del riesgo”.</li> <li>• Autoridades “corruptas”.</li> </ul>
Objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Compañía es un todavía río “viviente”.</li> <li>• La naturaleza es una entidad estática que rara vez cambia.</li> <li>• Ecosistemas de Valle de Chalco que permanecen sin cambios a lo largo del tiempo.</li> </ul>
Sistema de significados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Viviendo en riesgo”.</li> <li>• “Lección” como metáfora de la consecuencia del impacto de las inundaciones en la gente afectada.</li> <li>• El desastre (inundaciones) son eventos que se explican para distinguir los sujetos “Nosotros” de los “Otros”; son el territorio de diferenciación subjetiva.</li> <li>• Las inundaciones en Valle de Chalco fueron una “experiencia de aprendizaje” para la gente afectada y de la cual deben sacar buenas lecciones.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Aragón-Durand (2011).

las conductas sociales de los afectados con base en información científica de los peligros y sus impactos.

### *Discurso de la causalidad inadvertida por “descuido”*

En este discurso, el “problema” de las inundaciones es construido cuando los administradores y operadores perciben el peligro pero no pueden proporcionar control total y mantenimiento permanente adecuado al sistema de saneamiento. La definición de la causalidad de las inundaciones se enfoca principalmente en

aspectos técnicos de los sistemas construidos y en el peligro natural; en este caso, las lluvias extremas. Los agentes sociales y poblaciones potencialmente beneficiarias permanecen “escondidas” en términos discursivos; es un contexto de desastre en el cual los sujetos no son blanco directo de las acciones del gobierno. Las soluciones propuestas están centradas en la cantidad y calidad de la información científico-técnica tanto del Canal de La Compañía como de las condiciones del tiempo, lluvias extremas, incremento de los niveles del agua que fluye por el Canal, entre otros. Los sujetos que reproducen este discurso provienen del dominio de la ciencia y administración del desastre y de la gobernanza, de varias dependencias como CONAGUA, SEMARNAT, CENAPRED, Comisión de Aguas del Estado de México. El cuadro 2 enlista los componentes de este discurso.

Este discurso construye las inundaciones de Valle de Chalco como un problema técnico, infraestructural y gerencial. La evidencia que se usa para explicar la causalidad de las inundaciones tiene que ver con las capacidades y fallas de la infraestructura de saneamiento tanto del Canal de La Compañía como del sistema de drenaje de las colonias de Valle de Chalco. La información necesaria para enfrentar el problema es meramente de corte técnico-práctico. Los ingenieros hidráulicos y civiles son los sujetos “expertos” encargados de definir el problema y son los que tienen más poder retórico. Bajo esta lógica, prevenir inundaciones significa diseñar y operar sistemas hidráulicos más resilientes ante los extremos y, a través del cálculo ingenieril, reducir la probabilidad de fallas.

### *Discurso de la causalidad accidental*

En este discurso, los llamados desastres “naturales” se representan como accidentes de la naturaleza al igual que las inundaciones que ocurren cuando el fenómeno es resultado de acciones no guiadas que provocan consecuencias inesperadas: el accidente. En principio, en este entorno no tiene cabida la intervención humana ya que es el ámbito de la naturaleza. Sin embargo, diversos tomadores de decisión y formuladores de política de alto rango recurrieron a este tipo de causalidad para explicar por qué se inundó Valle de Chalco en el año 2000: el coordinador del SINAPROC, el coordinador de GRAVAMEX de la CONAGUA, el director general de Protección a Infraestructura y Emergencia de la CONAGUA, el administrador de operaciones de GRAVAMEX de la CONAGUA. El cuadro tres enlista los componentes de este discurso de la accidentalidad.

Cuadro 2. Discurso de causalidad inadvertida por “descuido”

Componentes	Significados
Sistema de declaraciones	<p>Las inundaciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de la falta de precaución.</li> <li>• Resultado final de la migración-urbanización y mala planeación.</li> <li>• Falta de mantenimiento del Canal de La Compañía.</li> <li>• Falta de vigilancia de operadores hidráulicos.</li> <li>• Mala suerte.</li> </ul>
Sujetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administradores y operadores de los sistemas de agua y saneamiento.</li> <li>• Gobierno y los residentes del Estado de México.</li> <li>• Gobierno que permite el asentamiento en lugares inseguros y residentes “irresponsables”.</li> <li>• Gente local afectada que no aparece explícitamente en el discurso.</li> <li>• El territorio del Estado de México es “víctima” del mal e inadecuado desarrollo de la Ciudad de México ya que esta última le impone externalidades negativas al Estado de México.</li> </ul>
Objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de saneamiento y agua.</li> <li>• El Canal de La Compañía.</li> <li>• La naturaleza, que es un peligro constante/ lluvias extremas y caudal del canal.</li> </ul>
Sistema de significados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El balance natural de la zona es modificado por la urbanización y por la falta de planeación del desarrollo.</li> <li>• La causalidad del desastre depende de lo que los operadores son capaces de hacer para controlar el peligro natural (lluvias extremas impactando y rompiendo el Canal de La Compañía).</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Aragón-Durand (2011).

En este discurso, las inundaciones son producto de los accidentes de la naturaleza que impactan los sistemas humanos y naturales. Bajo esta perspectiva, el impacto de las lluvias extremas transforma el “balance” de la relación entre naturaleza, sociedad e infraestructura. La naturaleza se concibe de dos maneras: por un lado, es benigna y generosa y puede ser la víctima potencial de las acciones humanas y por el otro lado, la naturaleza “reacciona” y amenaza a las sociedad de manera inesperada, algunas veces como resultado de las acciones humanas descontroladas.

**Cuadro 3.** Discurso de la causalidad accidental

Componentes	Significados
Sistema de declaraciones	Las inundaciones son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidentes provocados por la naturaleza.</li> <li>• Disrupción del “balance” de la naturaleza.</li> <li>• Falla súbita y accidental del Canal de La Compañía.</li> <li>• Eventos extraordinarios/imprevistos.</li> <li>• Mala suerte.</li> </ul>
Sujetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturaleza se “comporta” de acuerdo con el impacto que le impone el humano.</li> </ul>
Objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Canal de La Compañía.</li> <li>• Topografía y subsuelo de Valle de Chalco.</li> <li>• Dinámica ecológica de la región del Valle de Chalco.</li> </ul>
Sistema de significados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las inundaciones son accidentes de la naturaleza.</li> <li>• Las máquinas hechas por el humano tienen límites cuando se trata de confrontar y controlar a las fuerzas de la naturaleza.</li> </ul>

Fuente: Fuente: Adaptado de Aragón-Durand (2011).

El problema de las inundaciones, pues, se reduce al diagnóstico del peligro (meteorológico/climático) y a su impacto accidental en los grupos humanos. Se parte del supuesto de que el conocimiento científico del peligro natural es suficiente para detonar cambios comportamentales y actitudinales en la gente para participar en acciones de prevención de las inundaciones y alerta. La imagen del Canal de La Compañía es de una constante amenaza para los residentes de Valle de Chalco y la culpa de las “fuerzas” imprevistas de la naturaleza como lluvias extremas.

### *Discurso de la causalidad estructural*

Las inundaciones son construidas como problemas sociales cuyos factores tienen que ver con las causas de raíz de la vulnerabilidad como son las desigualdades económicas y la pobreza. Diversos actores institucionales compartieron esta visión y se ubican en este discurso: director de Investigación y coordinador de Capacitación de CENAPRED, director de Protección Civil del Estado de México, subsecretario de



Ecología del estado de México, el director de Gestión de Desastres y Planeación Urbana de SEDESOL y el director de CARITAS-Emergencia de México. El cuadro 4 enlista los componentes de este discurso.

En este discurso, la explicación técnica del sistema de saneamiento, el Canal de La Compañía y el impacto de las lluvias extremas se ubican en un contexto socio-histórico. Las causas de raíz tales como las desigualdades económicas y la pobreza que detonaron las migraciones a lugares inseguros hicieron que progresivamente, los habitantes de Valle de Chalco estuvieran expuestos de manera crónica al riesgo de las inundaciones, ya sea por rompimiento del Canal ocasionado por lluvias extremas o por el anegamiento resultado de un defectuoso sistema de drenaje. Bajo esta narrativa, la reducción de riesgo de inundaciones podrá lograrse a través de una aplicación estricta de la ley para combatir asentamientos informales en zonas ambientalmente inseguras, mejoramiento de la planeación urbanoterritorial tomando

Cuadro 4. Discurso de la causalidad estructural

Componentes	Significados
Sistema de declaraciones	<p>Las inundaciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eventos previsibles.</li> <li>• Problemas de desbalance entre la naturaleza y sociedad.</li> <li>• Resultado de la urbanización ilegal, corrupción en la ocupación del territorio y falta de aplicación de la ley.</li> <li>• Resultado de las desigualdades socioeconómicas.</li> <li>• Desbalance demográfico-económico entre el estado de México y la Ciudad de México.</li> </ul>
Sujetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoridades responsables del permiso o fomento a la urbanización ilegal/informal.</li> <li>• Formuladores de política y políticos corruptos.</li> <li>• Actores sin nombre (conjunto de culpables)</li> </ul>
Objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Canal de La Compañía.</li> <li>• Topografía y subsuelo de Valle de Chalco y los recursos naturales.</li> <li>• Dinámica ecológica de la región del Valle de Chalco.</li> </ul>
Sistema de significados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disrupción del balance entre la población y la capacidad de la infraestructura para responder de manera adecuada a la presión poblacional.</li> </ul>

Fuente: Fuente: Adaptado de Aragón-Durand (2011).

en cuenta la diferencial exposición al riesgo y el fortalecimiento de las estrategias y capacidades de autoprotección de las familias para reducir su vulnerabilidad frente a futuros peligros climáticos. Finalmente, las afirmaciones que configuran el discurso de la causalidad estructural son más radicales ya que no culpan un solo actor o proceso por las inundaciones sino que cuentan la narrativa como la interacción de problemas estructurales que difícilmente pueden ser resueltos.

En este apartado se explicó cómo los diferentes discursos de la causalidad de inundaciones en Valle de Chalco construyen el “problema de las inundaciones” de manera diferente. Esto tiene implicaciones en las respuestas institucionales en la medida que diferentes agentes causales suponen respuestas distintas en términos de objetivos de política, tipo de intervención e implementación que van desde medidas educativas para incrementar la percepción del riesgo a medidas de transformación socioeconómica y política más radical para hacer visibles a la gente vulnerable en el diseño de medidas y procesos de toma de decisión. En el siguiente apartado, se proponen algunos elementos discursivos y respuestas institucionales que pudieran ser tomados en cuenta para la construcción de capacidades de adaptación urbana al cambio climático en México.

### MEDIDAS Y CAPACIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO DESDE LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES: COALICIONES DISCURSIVAS Y RESPUESTAS INSTITUCIONALES

Finalmente, en este apartado se examina en qué medida la gestión de riesgo de inundaciones en México puede contribuir al diseño de capacidades de adaptación al cambio climático en México. Los hallazgos presentados en el apartado anterior nos permitieron conocer cómo los distintos discursos de la causalidad de las inundaciones de Valle de Chalco construyen diferentes problemas de política pública a pesar de haberse tratado del mismo evento. Pareciera ser necesario tomar en cuenta las formas en que las inundaciones son construidas discursivamente debido a que las incipientes medidas de adaptación<sup>3</sup> propuestas en México, parten (o se confunden con) esquemas de preparación de poblaciones frente a impactos, sistemas de información e infraestructura para hacer frente a desastres de origen

<sup>3</sup> Ver Estrategia Nacional de Cambio Climático (2013) y Programa Especial de Cambio Climático (2014) para conocer las medidas y acciones propuestas en materia de adaptación y así darse cuenta de que tratan de prevención de desastres.

hidrometeorológico. De esta manera, los hallazgos del apartado anterior pueden ser de utilidad analítica ya que revelarían en dónde se deposita la responsabilidad y culpabilidad de los agentes causales y sus motivos y sus contextos institucionales. Además, esta información puede ser relevante para revisar el naciente discurso(s) de la adaptación, identificar similitudes y en su caso ver si contribuye a un cambio de significados de política que favorezca la reducción de la vulnerabilidad de aquellos grupos, sistemas e instituciones más sensibles a los efectos climáticos que es uno de los objetivos fundamentales de la adaptación.

El recién publicado Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014), en su capítulo 8 *Urban Areas* del Grupo de Trabajo II, de experiencias urbanas impulsadas por gobiernos regionales y locales para reducir el riesgo de desastres de origen hidrometeorológico y climático y que pueden ser consideradas como una base valiosa para evaluar y actuar frente a peligros derivados del cambio climático. Habrá que considerar, sin embargo, que mientras en la reducción de riesgo de desastre se informa de cuidadosos análisis de peligros existentes y desastres pasados (incluyendo periodos de retorno), la adaptación al cambio climático necesita tomar en cuenta cómo los peligros, riesgos y vulnerabilidades cambiarían a lo largo del tiempo (Revi and Satterthwaite *et al.*, 2014: 565). Esto último no se ha hecho para México y sería ideal que se hiciera.

En general, los desafíos de la adaptación están ligados a los sistemas de gobernanza y a la calidad de las instituciones nacionales así como a la capacidad científica y a los retos del desarrollo. La adaptación exitosa dependerá en cierta medida de la velocidad con la cual las instituciones aprendan a enfrentar los riesgos impuestos por el cambio climático y la puesta en práctica de respuestas efectivas (GIZ, 2013). Por otro lado, existe consenso internacional en aceptar que la adaptación tiene como objetivo la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales a los impactos del cambio climático y riesgos relacionados con el clima a través del mantenimiento o incremento de la capacidad adaptativa y la resiliencia (OECD, 2012; IPCC, 2014). De lo anterior y para efectos de orientar y canalizar esfuerzos y medidas de prevención de desastres y reducción del riesgo hacia la construcción de capacidades urbanas adaptativas para México, nos enfocamos a continuación en aquellos sistemas de declaraciones y de significados que hacen alusión a factores de vulnerabilidad o que inclusive proponen medidas para su reducción. Una vez identificados esos elementos, se establece el vínculo con las condicionantes y desafíos de la adaptación. Los resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. La gestión de riesgo de inundaciones y los desafíos de la adaptación urbana al cambio climático en México

Desafíos de la adaptación urbana al cambio climático en México				
Elementos discursivos y respuestas institucionales de la gestión de riesgo de inundaciones	<i>Información y conocimiento de los grupos y sistemas urbanos a adaptarse.</i>	<i>Conocimiento de la vulnerabilidad urbana al cambio climático.</i>	<i>Carencia de información sobre medidas, acciones, programas institucionales de adaptación que han intervenido o intervienen actualmente en el territorio y ciudad.</i>	<i>Construcción de capacidades adaptativas en ciudades así como la implementación de un sistema de monitoreo y evaluación que realmente dé cuenta del avance de acciones y proyectos.</i>
Dominios sociales de la gestión de riesgo de inundaciones	Análisis del discurso de la adaptación para identificar los principales sujetos y objetos y evaluar qué dominios de la adaptación se están conformando. ¿Qué dominios de la GRI pueden estar presentes y favorecer la adaptación urbana al cambio climático?	Mapeo de la vulnerabilidad urbana al cambio climático incluyendo: a) tipos de sujetos, sistemas e instituciones que tienen que adaptarse, b) análisis de causalidades de inundaciones pasadas para identificar la presencia de los sujetos y objetos potenciales de la adaptación.	Análisis del discurso y de las respuestas institucionales para conocer de qué manera qué tipos de actores y beneficiarios están definidos en los programas y evaluar si es necesario reformularlos.	Echar a andar procesos de construcción de capacidades adaptativas en los tres dominios del desastre e incorporar el dominio de los <i>think-tank</i> y <i>action-tank</i> . Este proceso de construcción, si bien podrá apoyarse en los procesos de reducción de riesgo, deberá tomar en cuenta los escenarios de cambio climático y los socioeconómicos.

Tabla 1. (Continuación)

Desafíos de la adaptación urbana al cambio climático en México				
Vulnerabilidad a peligros hidrometeorológicos es una consecuencia de las desigualdades socioeconómicas. Su reducción puede contribuir a la resiliencia urbana	Producción de conocimiento sobre la vulnerabilidad socioeconómica a inundaciones y potenciales peligros climáticos. Evaluación de cómo ese conocimiento fluye entre los dominios de la adaptación para poder saber qué factores están siendo incorporados en la toma de decisiones.	Análisis del discurso de la vulnerabilidad en las políticas del desarrollo: urbana, social, ambiental, territorial, para detectar si aparecen o no sujetos vulnerables. Identificar sus vínculos con políticas de GRI para apoyarse de los avances y experiencias y evaluar su viabilidad en escenarios de cambio climático.	Producción y recolección de información por parte de los diferentes sectores del desarrollo incluyendo el de la administración pública sobre los factores generadores de la vulnerabilidad urbana. Establecimiento de vínculos y redes de conocimiento entre la ciencia, la toma de decisiones y las poblaciones vulnerables.	La reducción de la vulnerabilidad a inundaciones deberá ser un objetivo claro de política urbana que deberá ser uno de los objetivos centrales de la construcción de capacidades adaptativas. Para ello, es necesario el trabajo conjunto entre el sector del cambio climático, el del desarrollo urbano y el de la prevención de desastres.
Transversalización de la gestión de riesgo de desastres en las políticas y planeación de la adaptación y del desarrollo.	Conocimiento de los sistemas urbanos más sensibles a los potenciales peligros climáticos para que la información científica y técnica sea empleada de la mejor manera posible por el dominio de la gobernabilidad del desastre.	Se sugiere que las políticas del desarrollo urbano y territorial se fertilicen con conocimiento sobre la vulnerabilidad de los sistemas y grupos más sensibles al cambio climático. La agenda del desarrollo urbano deberá vincularse estrechamente con la de prevención de desastres y la de adaptación al cambio climático.	Establecimiento y operación de un sistema compartido de información sobre vulnerabilidad urbana al cambio climático que sea sensible a los dominios sociales del desastre y a los dominios emergentes de la adaptación. Este sistema estará sujeto al monitoreo y evaluación.	Tomar en consideración los resultados logrados hasta ahora por los dominios de ciencia y gobernanza del desastre en las políticas públicas de GRD para integrar e implementar proyectos comunes de adaptación urbana al cambio climático.

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Este capítulo contribuye al análisis de los desastres de origen hidrometeorológico al especificar la manera en cómo el conocimiento de la causalidad de las inundaciones es construido en los tres dominios sociales del desastre. Asimismo, representa un ejemplo de análisis construccionista aplicado al estudio de la relación sociedad-ambiente-política porque detalla la forma en cómo la “naturaleza” y las inundaciones urbanas son socialmente construidas a través de discursos y cómo éstos determinan o le dan forma a las respuestas institucionales.

De manera particular, los discursos de la causalidad del desastre permitieron establecer cuatro maneras concretas de narrar las inundaciones de Valle de Chalco a pesar de que se trató de un mismo evento. Se demostró que la inundación es un concepto definido por la compleja combinación de las interpretaciones de los sujetos acerca de los factores causales, sus imágenes y relaciones. Los sistemas de significados de cada uno de los discursos conforman *realidades* diferentes que tienen la característica de encerrar a los sujetos en horizontes de significación variados desde donde construyen la inundación como un problema de política pública diferente y desde donde diseñan respuestas institucionales distintas que, eventualmente pudieran ser complementarias.

Se presentó un marco para el análisis de la construcción discursiva de la causalidad de las inundaciones en los dominios sociales del desastre con la intención de poner en el centro de la investigación urbanoambiental los significados, creencias y metáforas que son componentes que rara vez se toman en consideración para entender cómo la ciencia y la política pública producen conocimiento y le confieren significado al desastre y riesgo. Se resaltaron las diferencias en la producción del conocimiento entre los tres dominios del desastre para así explicar las formas variadas en que se asigna la culpa y responsabilidad en la causalidad. Al conocer el *locus* de la responsabilidad y de la culpa —dependiendo del tipo de discurso— se pueden identificar posibilidades de cambio de significado que eventualmente propiciaría un cambio en la definición de la causalidad y por ende en la respuesta requerida.

Este capítulo mostró que la construcción del conocimiento sobre inundaciones no está solamente restringida a la ciencia sino que el ámbito de la política pública y de los afectados produce conocimiento que difiere en su origen, uso y destino. Es importante considerar esto para que el diseño de medidas de prevención de desastre sea socialmente más sensible y por ende su implementación más exitosa. El conocimiento que se produce en los tres dominios del desastre y riesgo puede ser usado para la adaptación al cambio climático en ciudades en la medida en

que se ubiquen a los sujetos y sistemas vulnerables a adaptarse, se entienda que la adaptación al cambio climático también es un proceso de construcción colectiva que involucra distintos sistemas de significación y que los sujetos involucrados podrán diferir en creencias e intereses. De ahí pues que el análisis discursivo de la casualidad presentado en este capítulo podrá ser una herramienta útil para el análisis de la vulnerabilidad y adaptación urbana al cambio climático.

El conocimiento sobre la vulnerabilidad y adaptación urbana en México es muy escaso y paradójicamente cada vez será más necesario. Este capítulo sugiere que la investigación sobre la vulnerabilidad y adaptación urbana puede enriquecerse desde la perspectiva del construccionismo social ya que pone en evidencia las formas en cómo lo sujetos construyen de manera distinta el problema de la adaptación.

## REFERENCIAS

- Allen, Adriana (2003). Environmental planning and management of the peri-urban interface: perspectives on an emerging field. *Environment & Urbanization*, 15(1): 135-147.
- Aragón-Durand, Fernando (2011a). *Disaster discourses, policy values and institutional responses: The social construction of urban floods in the peri-urban interface of Mexico City*. Alemania: Lambert Academic Publishing.
- Aragón-Durand, Fernando (2011b). La adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres en México. En Graizbord, Mercado y Few, *Cambio climático, amenazas naturales y salud en México*. México: El Colegio de México.
- Aragón-Durand, Fernando (2007). Urbanisation and flood vulnerability in the peri-urban interface of Mexico City. *Disasters*, 31(4): 477-494. UK: Blackwell Publishing.
- CEPAL (2008). Tabasco: características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4. La Sede Subregional de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en México, DF. 231 pp.
- Garvin, Theresa (2001). Analytical paradigms: The epistemological distances between scientists, policy makers and the public. *Risk Analysis*, 21(3): 443-455.
- GIZ-México (2013). *Diagnóstico sobre el monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático en México*.
- Hilhorst, Dorotea (2004). Complexity and diversity: Unlocking social domains of disaster response. En Bankoff, Greg, Georg Freks y Dorothea Hilhorst (2004), *Mapping Vulnerability. Earthscan*. Londres.

- IPCC (2014). Summary for policymakers. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. United Kingdom y Nueva York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-32.
- O'Brien, Geoff, Phil O'Keffe, Joanne Rose y Ben Wisner (2006). Climate change and disaster management. *Disasters*, núm. 31(4): 64-80. Oxford, Blackwell.
- OECD (2012). *Integrating climate change adaptation into development co-operation*.
- Revi, A., D.E. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R.B.R. Kiunsi, M. Pelling, D.C. Roberts, y W. Solecki (2014). *Urban areas*. En *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA, pp. 535-612.
- Satterthwaite, David, Huq, S, Reid, H, Pelling, M, Romero-Lankao, P. (2009). Adapting to climate change in urban areas: The possibilities and constraints in low- and middle-income Nations. En Bicknell, J, Dodman, D and Satterthwaite, D (eds.), *Adapting cities to climate change*. Uk: Earthscan.
- Schipper, Lisa y Mark Pelling (2006). Disaster risk, climate change and international development: Scope for, and challenges to, integration. *Disasters*, núm, 30 (1): 19-38. Oxford, Blackwell.
- Stone, Deborah (1989). Causal stories and the formation of policy agendas. *Political Science Quarterly*, vol. 104(2): 281-300.
- Thomalla, Frank, Tom Downing, Erika Spanger-Siegried, Guoyi Han y Johan Rockstrom (2006). Reducing hazard vulnerability: Towards a common approach between disaster risk reduction and climate change adaptation. *Disasters*, núm. 30(1): 29-48. Oxford, Blackwell.
- Walsh, C, Roberts, D, Dawson, R, Hall, J, Nickson, A y Hounsome, R. (2013). Experiences of integrated assessment of climate impacts, adaptation and mitigation modelling in London and Durban. *Environment & Urbanization*, 25(2): 361-380.



# CONSTRUYENDO CAPACIDAD DE RESPUESTA URBANA A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

---

Patricia Romero-Lankao,\* Natalia Brutto,\*\*  
Manyu Chang,† Jorgelina Hardoy,††  
Rafael D'Almeida Martins,° Kerstin Krellenberg<sup>oo</sup>

## INTRODUCCIÓN

Un número creciente de autoridades urbanas de América Latina, y también a nivel mundial, están diseñando políticas de mitigación y adaptación al cambio climático (Satterthwaite *et al.*, 2007; Romero-Lankao y Dodman, 2011; Hoornweg *et al.*, 2011). El fenómeno ha despertado un creciente interés por identificar los actores, las estrategias y las motivaciones que impulsan los trabajos y las medidas adoptadas a nivel urbano a manera de respuesta al cambio climático (Bulkeley, 2010; Carmin *et al.*, 2012). A pesar de su influencia en la eficacia de las políticas, los factores determinantes y los atributos de la capacidad institucional para implementar políticas climáticas son menos conocidos. En general, la *capacidad* se refiere a los recursos, los activos y las opciones que los actores gubernamentales y no gubernamentales tienen a su alcance para reducir los gases de efecto invernadero (GEI), mitigar riesgos y adaptarse a la variabilidad y el cambio climáticos (Tompkins y Adger, 2005); Burch y Robinson 2007; Martins y Ferreira 2011a).

---

\*National Center for Atmospheric Research. USA.

\*\* Ministerio de Defensa de Argentina.

† Fundación Oswaldo Cruz, Brasil.

†† IIED-América Latina.

° Consultor independiente.

<sup>oo</sup> Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Alemania.

Comprender la capacidad institucional de respuesta tiene particular importancia en América Latina donde, además de hacer frente a riesgos adicionales derivados de la variabilidad y el cambio climáticos, las ciudades se enfrentan ya hoy a fuertes retos en materia de desarrollo, si bien no concretamente vinculados con la transición urbana que actualmente se constata en África y algunos países asiáticos, pues en 2010, el 79.4% de la población de América Latina ya vivía en urbes. Los desafíos en el ámbito de la gestión tienen su origen en los modelos de crecimiento urbano y de ocupación del territorio de las últimas décadas que, al redefinir la función económica y la forma urbana (véanse los capítulos 2 y 3) han incidido en los hábitos de uso de energía y en las emisiones, por un lado, y en los determinantes de la vulnerabilidad y el riesgo, por el otro (véanse los capítulos 2 y 3; Hardoy y Romero-Lankao, 2011). Los actores urbanos disponen, para reorientar esos hábitos, de una serie de posibilidades que, en gran medida, son una función de la capacidad institucional para diseñar e implementar políticas efectivas e incluyentes.

En el presente capítulo se proporciona al lector una perspectiva integrada y comparativa de las respuestas a la variabilidad y el cambio climáticos en áreas urbanas, de los determinantes y los atributos de la capacidad institucional de respuesta y del papel real y potencial de la planificación urbana a la hora de desarrollar políticas climáticas. A fin de lograr ese objetivo, los autores analizan aquí, valiéndose de un marco analítico que identifica los componentes de la capacidad de respuesta institucional y permite comparar las políticas climáticas de siete ciudades latinoamericanas, la gestión del cambio climático en las ciudades de Buenos Aires y Rosario (Argentina), São Paulo y Río de Janeiro (Brasil), Manizales (Colombia), Santiago (Chile) y Chetumal y México DF (México). Asimismo, emplean un análisis de casos de estudio, entrevistas realizadas por ellos mismos a actores gubernamentales y no gubernamentales y fuentes de información secundarias de dichas ciudades, con la finalidad de rastrear el desarrollo políticoeconómico de la capacidad de respuesta institucional: las políticas, los actores-redes participantes, la eficacia del marco jurídico, el uso de la información y el nivel de participación.

A pesar de que las ciudades mencionadas comparten un conjunto de procesos de urbanización, de reformas estatales, de políticas urbanas y ambientales y de gestión de desastres, existen diferencias entre ellas. Por ejemplo, se enfrentan a combinaciones específicas de amenazas climáticas; las condiciones y determinantes sociales y ambientales de las emisiones, el riesgo y la vulnerabilidad se articulan de manera específica en cada ciudad, y cada una de ellas cuenta con una configuración urbana y política específica (Krellenberg, Mueller *et al.* 2013; Romero-Lankao *et al.*, 2012; Romero-Lankao, Qin y Borbor-Cordova, 2013). La presencia local de

grupos y redes científicas multinacionales, como el Consejo Mundial de Alcaldes sobre el Cambio Climático, el C-40 e ICLEI, y la participación de actores locales en foros y organizaciones latinoamericanas y transnacionales han influido en la introducción del cambio climático en la agenda pública de estas ciudades. Comparar las experiencias de gestión de estas ciudades nos permite analizar la capacidad institucional de respuesta y explorar el papel real y potencial de la planificación urbana y del territorio en el desarrollo de políticas. En este capítulo, los autores intentan dar forma a un contexto útil para identificar el papel de la gobernanza, de las organizaciones y los actores, con la finalidad de pensar y repensar opciones de sostenibilidad urbana.

## DEFINIR EL PROBLEMA Y DISEÑAR LAS MEDIDAS DE POLÍTICA

El diseño de las medidas de política resulta de la construcción discursiva del problema de política, a saber, el cambio climático; en otras palabras, del diagnóstico, hecho por los tomadores de decisiones gubernamentales y no gubernamentales, del asunto de política (cambio climático) y del acento que se pone en una dimensión dada del asunto de política —mitigación, energía, desastres— o en un conjunto de causas y soluciones en lugar de otro. Por ejemplo, en México DF y São Paulo, el cambio climático tiende a atribuirse a un modelo de desarrollo y de uso de la energía que requiere “soluciones energéticas con menor intensidad de carbono” (GDF, 2008, pág. 25; Lucon y Goldemberg, 2010). Las primeras políticas climáticas urbanas se centraron en la contaminación del aire provocada por altas emisiones GEI (Romero-Lankao, 2007; Lucon y Goldemberg, 2010). Para gestionarlas, las autoridades introdujeron el programa ‘Hoy no Circula’, que en México DF limita la circulación del 20% de los automóviles un día a la semana, y en la zona céntrica de São Paulo limita la circulación durante las horas punta (Romero-Lankao, 2007; Puppim de Oliveira, 2009). Como se verá más adelante, la gestión de riesgo en términos de costos y conflictividad ha sido un tema prevalente en las ciudades (Aguilar y Santos 2011; Krellenberg, Jordán *et al.* 2013).

El diseño de políticas climáticas se realiza también sobre la base de experiencias de gestión anteriores. Por ejemplo, mientras que las medidas climáticas implementadas en Manizales y Chetumal enmarcan sus respuestas en la experiencia con la gestión de riesgos de desastres y el ordenamiento territorial (Hardoy 2013; Hardoy y Velázquez Barrero 2014, Hardoy *et al.*, 2014), México DF, Bogotá y São Paulo han diseñado políticas climáticas con medidas encaminadas a mejorar los

combustibles, el sistema de transportes, la gestión de la calidad del aire y la gestión del riesgo (Romero-Lankao, 2007; Lucon y Goldemberg, 2010; Martins y Ferreira, 2011b; Lampis y Fraser, 2012; Krellenberg, Jordán *et al.*, 2013).

A pesar de que en Rosario (Argentina), las respuestas urbanas al cambio climático no están explícitamente diseñadas con un enfoque centrado en el cambio climático, se han apoyado en tres pilares, a saber: casi dos décadas de políticas de planificación urbana, de mejora de los servicios (sobre todo, en los ámbitos de la salud y la reducción del riesgo de inundaciones) y de descentralización. Así, dichas respuestas permiten la participación y el desarrollo de capacidades ciudadanas (Hardoy *et al.*, 2013).

Por su parte, Manizales ha elaborado una agenda (Biomanzales) y un plan ambientales (Bioplan) que han guiado el desarrollo urbano durante las dos últimas décadas (Velásquez, 1998 y 2011). Además, la gestión de riesgos de la ciudad se basa en un trabajo integral de identificación y monitoreo de riesgos de desastres y de planificación ambiental y urbana, que incluye programas de relocalización de población en zonas de riesgo por deslizamiento o inundaciones; la creación de una red de monitoreo hidrometeorológico y una red de ecoparques; la zonificación urbana apropiada; el programa Guardianas de la Ladera; trabajos de estabilización y control de las laderas; los observatorios ambientales, que monitorean el avance de diferentes indicadores socioambientales; los semáforos ambientales, que representan gráficamente los resultados del monitoreo de las condiciones físicoambientales locales, y un sistema colectivo de seguros. En resumen, Manizales es una de las ciudades con mayor capacidad institucional de gestión local del riesgo, pues integra dicha gestión con la planificación del desarrollo urbano.

Las ciudades latinoamericanas se encuentran en distintas etapas del proceso de institucionalización de la agenda climática. México DF puso en marcha en el año 2000 la Estrategia Climática Local y cuenta con un Programa de Acción Climática 2008-2012 (PAC) y con la Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (2011) que, como se ha señalado, apuntalan medidas anteriores de gestión en los ámbitos de la energía y de la calidad del aire y forman parte de una “Agenda Verde” (Romero-Lankao *et al.*, 2013). A diferencia de México DF, en otras ciudades las medidas climáticas se encuentran aún en sus etapas iniciales. Santiago, por ejemplo, desarrolló un Plan Regional de Adaptación al Cambio Climático (Krellenberg, Jordán *et al.*, 2013). En el contexto del proyecto Clima Adaptación Santiago, que se encuentra en fase de aprobación e implementación, mientras que Colombia ya cuenta con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y el Sistema Nacional de Cambio Climático (SNCC), que articula y coordina las dife-

### Recuadro 1

#### ¿Por qué hay más medidas de mitigación que de adaptación?

A pesar de su importancia, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático son temas secundarios comparados con la mitigación, y no sólo en América Latina, sino a nivel internacional (ONU-Hábitat, 2011). Esto se debe, en gran parte, a ciertas particularidades intrínsecas de las medidas que ambos temas requieren. Las medidas de mitigación se diferencian de las de adaptación en lo relativo a la escala espacial, la escala temporal y los sectores involucrados.

Las medidas de mitigación exigen estrategias orquestadas y coordinadas a escala mundial, ya que la atmósfera es única y no existen barreras físicas que frenen el avance de los GEI. Las medidas de adaptación son específicas de cada país, estado y localidad, pues los impactos climáticos adquieren formas específicas en cada nivel. Los beneficios de las medidas de mitigación tienden a ser globales, mientras que los de la adaptación tienden a ser locales (Romero-Lankao, 2012).

En cuanto a la escala temporal, las medidas de mitigación, dada la inercia del sistema climático, tienen un efecto a largo plazo, mientras que las medidas de adaptación, como la reducción de la vulnerabilidad, poseen efectos a corto y mediano plazo.

En cuanto a los sectores involucrados, la mitigación prioriza los sectores emisores de GEI (energía, transportes, industria, residuos), mientras que la adaptación da prioridad a los sectores social y ambientalmente vulnerables, como las poblaciones en asentamientos irregulares, los recursos hídricos, las zonas costeras, la producción de alimentos y la sanidad. Entre los sectores relevantes tanto para la mitigación como para la adaptación, sobresalen la agricultura, la silvicultura y los sectores del transporte y la energía.

A lo mencionado anteriormente se suman las implicaciones de equidad de la relación causa-efecto característica del calentamiento mundial. Los países y los sectores sociales más ricos son responsables, tanto actual como históricamente y vistas sus pautas de consumo, de una mayor proporción de emisiones per cápita. Además, cuentan con más recursos y opciones (materiales, financieros y tecnológicos); en otras palabras, con capacidad de respuesta, y eso los hace menos vulnerables. Por su parte, los países y sectores sociales más pobres, de industrialización tardía y con menores niveles de consumo, son responsables, tanto actual como históricamente, de una proporción mucho menor de emisiones per cápita. Sin embargo, tienden a ser los más vulnerables al cambio y la variabilidad climáticos, a tener menos recursos y opciones (infraestructura y servicios básicos, por ejemplo) y a ser objeto de procesos de urbanización desordenada y excluyente.

rentes iniciativas gubernamentales (a nivel nacional y subnacional), sectoriales y comunitarias. A escala local, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires ha definido el Plan de Acción Buenos Aires 2030, fuertemente enfocado en la mitigación (Krellenberg, Jordán *et al.*, 2013).

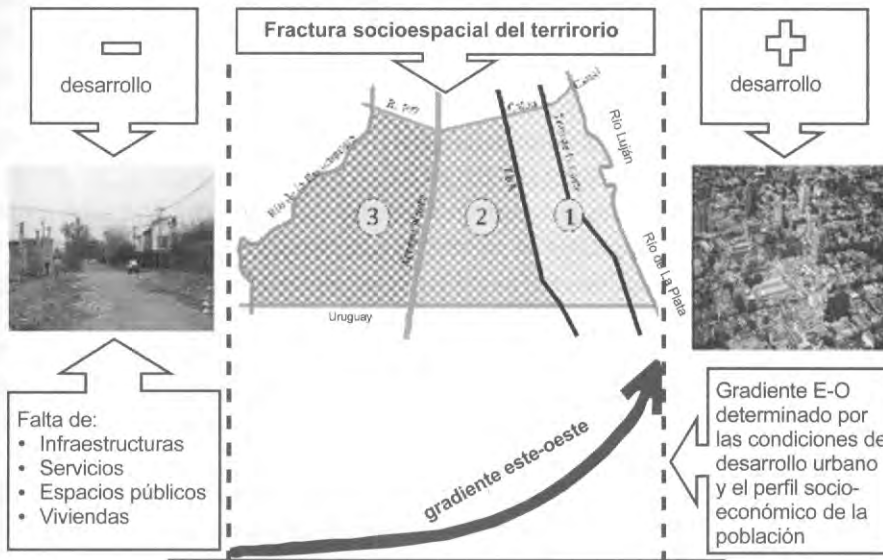
Las ciudades de Rosario, México DF, Manizales, y el municipio de San Fernando, Buenos Aires, ilustran una tendencia común a varias urbes latinoamericanas, pues desarrollan y apuntalan sus capacidades de gestión del cambio y la variabilidad climáticos no sólo —y no tanto— con políticas de cambio climático propiamente dichas, sino sobre una base de años de políticas de desarrollo urbano y gestión del territorio y del riesgo enfocadas en la mejora de las condiciones de vida y la provisión de servicios e infraestructuras, sobre todo en los ámbitos de la salud, la vivienda y los sistemas de alerta y emergencias (Hardoy, 2013; Hardoy y Velázquez Barrero, 2014; Velásquez, 2011; Martins y Ferreira, 2011c; Romero-Lankao *et al.*, 2013). São Paulo, por ejemplo, ha creado sinergias entre sus medidas climáticas y otras políticas (transportes, gestión de residuos sólidos, control de la contaminación del aire, entre otras). En la provincia de Buenos Aires, el partido de San Fernando elaboró sus políticas de gestión de riesgo mediante programas de desarrollo tendientes, en rasgos generales, a mejorar las condiciones habitacionales de la población de escasos recursos (véase el recuadro 2). Esta manera de responder al cambio climático permite trabajar directamente con planes, programas y políticas ya existentes que pueden facilitar la implementación de medidas concretas a corto plazo.

#### Recuadro 2

San Fernando (provincia de Buenos Aires)  
Un ejemplo de gestión local del riesgo

El partido de San Fernando está situado en el noreste del área metropolitana de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, entre los partidos de San Isidro y Tigre. Si se consideran las características de la población, se constata la existencia de una gradiente en sentido este-oeste que produce lo que podría llamarse un tobogán de desarrollo. Si se emplean diversos indicadores relacionados con las infraestructuras, la situación económica, la educación, la seguridad social y sanitaria, el sector de Virreyes es el área menos desarrollada del partido. A medida que uno se acerca hacia el este, los indicadores mejoran (véase el diagrama 1).

Diagrama 1. Fractura socioespacial del territorio: tobogán del desarrollo



Fuente: Municipalidad de San Fernando (2006).

A fin de solucionar este conjunto de problemas urbanoambientales, el municipio implementó un proyecto integral a través de políticas nacionales y provinciales, por ejemplo: un proyecto de urbanización y reordenamiento urbano apoyado por el Programa de Mejoramiento de Barrios (ProMeBa), el programa Mejor Vivir y el Subprograma de Urbanización de Villas y Asentamientos Precarios. Todos los programas tienen objetivos específicos, pero, en líneas generales, tendientes a mejorar las condiciones habitacionales de la población de escasos recursos.

Si bien los programas arriba mencionados no son exactamente una respuesta al cambio climático, tienen en cuenta la variable ambiental como uno de sus ejes. Además, el proyecto integral de desarrollo urbano de San Fernando arrojó como resultado el fortalecimiento de las capacidades de la comunidad. Los gestores locales contaron con la población como un aliado, retroalimentando así un proceso de organización y empoderamiento. En segundo lugar, el proyecto integral llevó aparejada una disminución de la vulnerabilidad (no sólo en términos materiales, sino también en lo relativo a la capacidad de respuesta de la comunidad ante di-

ferentes sucesos). Los autores del presente capítulo pudieron observar esas capacidades durante su trabajo de campo en San Fernando. Aunque los entrevistados desconocían la existencia de un sistema oficial de respuesta a las “sudestadas” y, si lo conocían, no sabían cómo utilizarlo, sus respuestas se apoyaron en las redes y organizaciones vecinales y en el conocimiento personal de vecinos del lugar, es decir, en el capital social de la comunidad, un determinante clave de la capacidad de respuesta (Romero-Lankao *et al.*, 2013).

No obstante, los retos a que se enfrenta este tipo de proyectos son numerosos. Entre los principales, cabe citar la necesaria intervención gubernamental en la construcción de obras comunes (por ejemplo, la protección contra inundaciones relacionadas con las sudestadas) y la capacidad de sostener el proceso independientemente de los cambios en las administraciones gubernamentales. Otro desafío para la gestión local es señalar, tanto a los tomadores de decisiones como a los habitantes, los posibles fenómenos que puede acarrear el cambio climático aun cuando se trate de un proceso incierto.

Pero no todos son retos; también hay oportunidades. El territorio de San Fernando es relativamente pequeño comparado con otros municipios. Dado que el número de habitantes también es exiguo, es posible trabajar con ellos de una manera más directa, pues la escala lo permite. Los procesos de urbanización han abierto un canal de comunicación entre el gobierno local y la comunidad. La administración, que se mostró receptiva a las necesidades de la población local, ha iniciado un proceso de participación que permite considerar este proyecto como un proceso de empoderamiento. La planificación participativa ha brindado a la población herramientas para reconstituir algunos lazos de solidaridad y legitimidad en la relación entre la comunidad y el Estado. Este proceso allanó el terreno para poner en marcha futuros proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático. La comunidad ha incorporado el territorio en su discurso y ha comprendido que el medio ambiente es otro de los ejes que hay que tener en cuenta a la hora de pensar en el desarrollo. Por irónico que parezca, la actual administración de San Fernando (electa a fines del año 2011, reemplazó a la administración que diseñó el proyecto integral) dejó de apoyar los programas de presupuesto participativo, ya no considera la intervención y el reordenamiento urbanos como políticas de inclusión y reducción de la vulnerabilidad y ha dejado a las comunidades sin el apoyo público que permitiría abordar y erradicar las causas profundas de su vulnerabilidad. Sin embargo, con financiamiento del IDRC y ejecutado por el IIED-AL, y a partir del trabajo iniciado con ADAPTE, se está trabajando con la comunidad en la identificación de riesgos y en la organización comunitaria necesaria para fortalecer capacidades de



prevención y respuesta a la variabilidad y el cambio climático. Por ejemplo se está lanzado un fondo de microcréditos (se otorga en materiales) gestionado por una mesa barrial y que apunta a pequeñas intervenciones en las viviendas que ayuden a reducir el impacto de las sudestas.

## DESCENTRALIZACIÓN, GOBIERNOS LOCALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

En las últimas décadas, muchos países de la región descentralizaron no sólo una serie de competencias, sino también, en algunos casos, recursos y poder de decisión, que transfirieron a los gobiernos estatales y locales (Satterthwaite *et al.*, 2007; Martins y Ferreira, 2011a; Romero-Lankao y Gunther, 2011). En algunos países (Brasil, México) la descentralización significó también procesos de transición democrática; en otros casos fue impulsada por la necesidad de reducir el tamaño del gobierno central, fomentar aún más la participación ciudadana y mejorar la rendición de cuentas en la formulación de las políticas públicas. El proceso se sustenta en el supuesto de que los gobiernos locales pueden hacer frente con mayor eficiencia a los retos de provisión de la infraestructura urbana y los servicios públicos esenciales para el bienestar de la población y regular y controlar las acciones de los individuos y las empresas a nivel local (Satterthwaite *et al.*, 2007).

En el contexto de la descentralización, los gobiernos locales adquirieron o conservaron ciertas competencias de relevancia para las políticas de adaptación y mitigación. Los gobiernos son responsables, en distintos grados que dependen de la estructura administrativa de cada país, de:

- a. La administración financiera y contable del presupuesto municipal, de parte o de todos sus ingresos, y de la gestión de parte o de todos sus impuestos.
- b. El diseño y la construcción de algunas obras públicas y el mantenimiento de los espacios públicos.
- c. El ejercicio de cierto control o cierta regulación sobre el uso de las fuentes de energía, como la electricidad y el gas.
- d. Los componentes del desarrollo urbano, como la regulación del uso del suelo, la zonificación del espacio público, el registro de propiedades y el urbanismo.
- e. Parte o la totalidad de la gestión de la salud y el saneamiento, es decir, la extracción, la distribución y el tratamiento de agua potable; el control de la contaminación; la recolección y el tratamiento de residuos sólidos; el

- saneamiento y la limpieza de zonas públicas, así como los servicios médicos y de emergencia.
- f. Parte o la totalidad de las políticas sociales (viviendas populares, escuelas, espacios para jóvenes).
  - g. La protección civil y la atención de emergencias: respuestas a desastres, bomberos y ambulancias.
  - h. La administración pública y los recursos humanos (Martins y Ferreira, 2011c).

La gestión efectiva de esas competencias puede permitir a los gobiernos urbanos, en coordinación con los otros niveles de gobierno, incidir directamente, por ejemplo, en el consumo de energía, en la reducción de las emisiones GEI, en la gestión del riesgo y la vulnerabilidad de una parte importante de su población mediante la gestión del territorio, en los sistemas de alerta temprana, y en la gestión del riesgo con las comunidades (Martins y Ferreira, 2011a y 2011c).

Las políticas y medidas de mitigación y adaptación pueden también aportar mejoras significativas en los otros ámbitos de política arriba mencionados. Satterthwaite *et al.* (2007) sostienen que es difícil diseñar un programa eficaz de respuesta al cambio climático, particularmente en las zonas de adaptación y riesgo, sin un gobierno local competente, capaz y receptivo a las necesidades de las poblaciones de mayor riesgo. Pero ¿en qué consiste la capacidad institucional de respuesta y cómo opera en las ciudades latinoamericanas?

## LA CAPACIDAD INSTITUCIONAL DE RESPUESTA

A pesar de que la capacidad institucional de ejecución de políticas climáticas ya ha sido objeto de interés (Burch y Robinson, 2007; Klein *et al.*, 2007), gran parte de los estudios sobre la capacidad de respuesta proceden del ámbito de la adaptación y se han centrado en identificar obstáculos (Moser y Ekstrom, 2010) y atributos genéricos de gobernanza vinculados con políticas de adaptación eficaces (Raadgever *et al.*, 2008; Engle y Lemos, 2010; Measham *et al.*, 2011). Sin embargo, la distinción entre la capacidad de adaptación y de mitigación no refleja la realidad de los tomadores de decisiones, que dan prioridad a las políticas de desarrollo urbano y sectorial y diseñan y ejecutan las políticas climáticas en general.

La capacidad institucional de respuesta se relaciona con los recursos financieros, humanos y políticos que los actores gubernamentales y no gubernamentales pueden

utilizar para reducir los GEI y responder a la variabilidad y el cambio climáticos (Tompkins y Adger, 2005; Burch y Robinson, 2007). La noción de capacidad institucional es una herramienta útil en la medida en que se basa en el reconocimiento de que las capacidades de adaptación y mitigación están determinadas con frecuencia por los mismos factores (Yohe y Tol, 2002; Klein *et al.*, 2007; Burch y Robinson, 2007). Por ejemplo, el personal que una ciudad puede dedicar a las medidas para combatir el cambio climático (una fuente de la capacidad de respuesta) está determinado, en gran parte, por el grado en que esas medidas pueden beneficiar tanto a las políticas de transporte, vivienda y ordenamiento territorial existentes, como a la posición económica y estratégica de la ciudad de que se trate.

En este contexto se aplica un marco analítico desarrollado en Romero-Lankao *et al.*, 2013) para identificar tanto los actores, problemas y medidas de política climática como los componentes y determinantes de la capacidad institucional de respuesta a nivel urbano (véase el diagrama 2). En primer lugar aparece el *problema* o *asunto* de política (el cambio climático) sobre el que los *actores* urbanos, gubernamentales y no gubernamentales actúan o deciden que deberían actuar. Esos actores tienen intereses, necesidades y visiones diversas y, a veces, contradictorias (Pelling

Diagrama 2. Capacidad institucional de respuesta: marco analítico



Fuente: Romero-Lankao, P., Hughes, S., Rosas-Huerta, A., Borquez, R., Gnatz, D. (2013).

y Manuel-Navarrete, 2011) y compiten, colaboran y establecen alianzas en torno al problema climático y las medidas de política más adecuadas para gestionarlo. Los actores inciden en diversos grados —vinculados con sus recursos y su poder— en las decisiones e instituciones del gobierno, en las barreras y oportunidades con que tropiezan el diseño y la ejecución de políticas climáticas y en las políticas propiamente dichas. Las instituciones o estructuras de gobernanza definen los incentivos, las restricciones, los costos y las oportunidades de los actores; en una palabra, la capacidad institucional de respuesta (Ostrom, 1990; Brooks *et al.*, 2005; Bulkeley, 2010; Engle y Lemos, 2010). En las siguientes secciones se describen cuatro componentes clave de la capacidad institucional de respuesta:

- a) Las estructuras administrativas y redes institucionales, es decir, el tipo de relaciones y el nivel de cooperación y coordinación entre actores. Por su carácter transversal, las políticas climáticas requieren la cooperación y la coordinación entre los siguientes sectores y niveles de gestión pública involucrados y afectados: individuos, empresas privadas, sociedad civil, organismos públicos locales, regionales, nacionales e internacionales (Adger, Arnell, y Tompkins, 2005). Según se dice, cuanto mayor es el grado de coordinación y cooperación entre los actores relevantes, mayor es la capacidad institucional de respuesta, menores son los vacíos de política y mayores las opciones de creación de capacidades (Corfee-Morlot *et al.*, 2009).
- b) El marco jurídico delimita las responsabilidades, los recursos, el poder de gestión y los mecanismos de planificación de los organismos gubernamentales (Measham *et al.*, 2011). La capacidad institucional de respuesta se ve fortalecida cuando las leyes y reglamentos delinean claramente los mandatos, los derechos y las responsabilidades de los actores; cuando incluyen principios pertinentes de equidad y participación ciudadana, cuando fomentan el acceso a la información, el intercambio de información y la comunicación entre los actores y cuentan con salvaguardas para abordar con flexibilidad situaciones imprevistas e inciertas como las que cabe esperar del cambio climático (Raadgever *et al.*, 2008).
- c) Los procesos mediante los cuales la información científica se produce y se distribuye son otro componente fundamental de la capacidad institucional (Mukheibir y Ziervogel, 2007), sobre todo cuando la información pertinente se emplea para apoyar procesos de aprendizaje social (Engle y Lemos, 2010; Yohe y Tol, 2002). Dado que las características particulares del cambio climático difieren en muchos aspectos de las características de

- otros asuntos de política, existen nuevos tipos de información y mecanismos para la transmisión de información que se convierten en requisitos para la toma de decisiones. Sin embargo, más que un mero ejercicio técnico o tecnocrático, la información sobre los riesgos y opciones para responder al cambio climático tiene una dimensión política dada, entre otros factores, por el poder que algunos actores tienen a la hora de definir y diagnosticar el cambio climático, las políticas de gestión más pertinentes y las estrategias para gestionar asuntos relativos a la equidad social (Betsill y Bulkeley, 2007).
- d) Los mecanismos de participación, que incluyen instrumentos como la planificación participativa, las consultas públicas, las audiencias públicas y los comités de trabajo, inciden en la capacidad institucional de diversas maneras: facilitando la negociación entre actores y la articulación de políticas consensuadas; empleándolos para zanjar controversias; contribuyendo a empoderar al ciudadano común, y permitiendo a las comunidades urbanas crear capacidades de autorganización para hacer frente de una manera más eficaz a asuntos complejos como el cambio climático (Koontz y Moore, 2004).

### Redes y estructuras administrativas

Las estructuras administrativas de gestión, dadas por el tipo de relaciones (redes institucionales) entre los niveles de gobierno de cada ciudad, inciden en la capacidad institucional de respuesta. En general, cuanto mayor es el alineamiento político entre los distintos niveles de gobierno, mayores son las posibilidades de coordinación y el apoyo y los recursos transferidos de un nivel (nacional) a otros (estatal y local). Por ejemplo, en 2012 el municipio de Othón Blanco (México), con cabecera en la ciudad de Chetumal, estaba gobernado por el Partido Acción Nacional (PAN), en aquel entonces encargado de administrar el estado de Quintana Roo y el país (Hardoy *et al.*, 2014). En Río de Janeiro, en 2007, los gobiernos federal, estadual y municipal se alinearon políticamente para lograr una mayor coordinación de acciones, como la transferencia de fondos a la municipalidad. Aunque en Rosario (Argentina) sólo en 2007 empezó a constatarse una concordancia entre el nivel local y el provincial, los vínculos con otros niveles de gobierno han sido complejos y la ciudad ha recibido poco apoyo financiero del nivel nacional (Hardoy y Ruete, 2013).

Las estructuras administrativas de algunas ciudades de la región tienden a ser centralizadas, fragmentadas y carentes de coordinación. Por ejemplo, a pesar de que

la región metropolitana de Santiago se rige por un sistema unitario con políticas diseñadas en el nivel nacional, es administrada por subsecretarías regionales de los ministerios nacionales, un intendente, seis gobernadores y 52 comunas, cada una con un alcalde propio, que se enfrentan a diversos retos de coordinación. Aún más compleja es la situación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y de México DF. En el ámbito del área metropolitana de Buenos Aires intervienen tres jurisdicciones: la nacional, la de la provincia de Buenos Aires —que comprende el continuo urbano llamado “zona conurbana”— y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, capital federal del país (Krellenberg, Jordán *et al.* 2013). El área metropolitana de México, que se rige por un sistema federal con políticas diseñadas en los niveles nacional y estatal, también es administrada por múltiples entidades gubernamentales: el gobierno federal con sede en el Distrito Federal, que funciona como un cuasi-estado con su propio gobernador, a cargo de ocho millones de capitalinos, y cuenta con 16 delegaciones; el Estado de México, a cargo de los 12 millones de capitalinos restantes, con su gobernador y 35 municipios en el conurbano (Romero-Lankao *et al.*, 2013). A pesar de las diferencias administrativas, la falta de coordinación entre niveles de gobierno es común a las tres ciudades y, en el caso de México DF, se ve agravada por el hecho de que los gobiernos municipal, federal, del Distrito Federal y del Estado de México se encuentran en manos de tres partidos diferentes (PRI, PAN y PRD).

No obstante, la región experimentó un proceso de devolución de competencias a las autoridades locales y en algunos países las también llamadas reformas neoliberales o del Estado no cambiaron los elementos clave que confieren a las estructuras de gobierno un carácter centralizado. Por ejemplo, en México, algunas competencias se devolvieron a los niveles estatal y local. La descentralización y la apertura democrático-electoral ofrecieron oportunidades que las autoridades del Distrito Federal aprovecharon para implementar, en materia de cambio climático, unas medidas que sólo afectan al Distrito Federal y no a la zona metropolitana de la capital del país. A pesar de una creciente autonomía, estados y municipios siguen dependiendo, y mucho, de los recursos transferidos desde el gobierno federal (Romero-Lankao *et al.*, 2013). La falta de recursos financieros destinados a la gran cantidad de problemas que hay que resolver es común a muchos gobiernos locales. Ante esta situación, las autoridades urbanas han solicitado el apoyo de fuentes de financiamiento internacionales. Por ejemplo, los gobiernos de México DF, y del municipio de Othón Blanco han recurrido, respectivamente, al Banco Mundial (Romero-Lankao *et al.*, 2013) y a la apertura de una representación en Washington (Hardoy *et al.*, 2014) como estrategias que les permitieran contar con fuentes para el financiamiento de proyectos.

La descentralización arrojó resultados relativamente mejores en algunas ciudades de países como el Brasil y Colombia. Por ejemplo, los avances logrados en Manizales se deben en buena medida a la política de descentralización llevada a cabo en Colombia, que el municipio de Manizales supo aprovechar. Sin embargo, no ha ocurrido lo mismo en el caso de municipios colombianos y brasileños con menor capacidad de gestión, que se vieron superados por las competencias que les transfirieron (Martins, Vaz y Caldas, 2010; Martins y Ferreira, 2010).

### Marco jurídico

Un marco jurídico nacional apropiado suele favorecer el desarrollo de políticas de cambio climático a nivel local, constituyéndose en el soporte sobre el que cada ciudad puede desarrollar sus estrategias particulares de mitigación y adaptación. La Argentina no ha logrado grandes avances en el marco jurídico en que los gobiernos urbanos locales pueden introducir medidas de mitigación y adaptación. En Chile, la legislación pertinente procede del gobierno central (sistema unitario) y corresponde al Ministerio de Medio Ambiente, creado en 2010, formular e implementar las políticas de cambio climático y los planes de acción en coordinación con los demás niveles de gobierno (artículo 70 h), de la ley 20.417).

México presenta una situación jurídica ligeramente distinta. Como se ha mencionado anteriormente, los estados libres y soberanos (sistema federal) se someten a las reglas que impone la Constitución, un orden jurídico supremo que crea dos ordenamientos jurídicos subordinados y coexistentes: el nacional y el estatal (Rosas-Huerta, 2011). Esa estructura jurídica ha abierto oportunidades a estados y municipios para diseñar políticas desde el nivel local. Veracruz, México DF, Nuevo León, Guanajuato, Puebla, Tabasco y Chiapas han desarrollado sus respectivos programas estatales de acción ante el cambio climático (PEACC), mientras que Baja California Sur, Hidalgo y Campeche se encuentran ya en la etapa final y 17 estados se hallan todavía en la etapa de planificación y desarrollo (Rosas-Huerta, 2011). No obstante, el actual sistema federal ofreció a México DF (es decir, al gobierno del Distrito Federal) una oportunidad única para crear su propia legislación climática, anterior incluso a la ley nacional del clima 2012, en virtud de la cual el ejecutivo federal retiene poderes jurídicos significativos sobre la vida política del Distrito Federal, aprueba su límite de endeudamiento e incide en el poder del DF para emitir instrumentos de mercado (Rosas Huerta, 2011).

En el Brasil, la Política Nacional de Cambio Climático, aprobada en 2009, establece el marco nacional en que han de insertarse las políticas climáticas. En 2012 se completaron las políticas sectoriales para la mitigación y la adaptación, siendo prioritarias las medidas de mitigación. Alrededor de diez de los 23 estados federados del Brasil cuentan con políticas de cambio climático, algunas más detalladas que otras, aprobadas por sus respectivas asambleas legislativas. Los estados también tienen sus foros estatales de cambio climático, que desempeñan un papel análogo al del Foro Brasileño. A nivel municipal, son pocas las ciudades que cuentan con leyes sobre cambio climático y entre las capitales con mayor influencia económica cabe citar Río de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte y Curitiba.

En resumen, mientras que ciudades como Santiago y Rosario carecen de legislación climática a nivel nacional, México y el Brasil son líderes, en América Latina, en lo que atañe al desarrollo de legislación y estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. México no sólo cuenta con la Comisión Intersecretarial para el Cambio Climático (CICC), cuya función es otorgar un carácter transversal a la planificación e implementación de medidas para combatir el cambio climático. Asimismo, cuenta con la Estrategia Nacional de Acción Climática (ENAC), el Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2009-2012) y la nueva Ley general de cambio climático 2012. En el Brasil se han creado la Comisión interministerial sobre el cambio climático para los mecanismos de desarrollo limpio; el Comité interministerial sobre cambio climático, que coordina la elaboración de las políticas nacionales en la materia; el Fondo Nacional para financiar medidas relacionadas con el cambio climático; el Panel Brasileño para la preparación de los estudios científicos sobre el cambio climático en el territorio nacional, y el Foro Brasileño sobre el cambio climático, para la difusión de la temática y el debate con la sociedad civil.

Con todo, no sólo la legislación climática incide en la capacidad institucional. Como ilustra la experiencia de Colombia, un marco jurídico apropiado para la gestión de desastres también puede ofrecer oportunidades de adaptación a nivel local. Aunque el país se ha situado a la vanguardia en la gestión de riesgos, el gobierno sancionó recientemente una ley por la que se adopta una nueva política de gestión del riesgo de desastres y el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (ley 1523, del 24 de abril de 2012). En dicha ley se reconocen las falencias del anterior sistema de gestión y se propone, entre otras cosas, que todos los planes de desarrollo incorporen un capítulo sobre la gestión del riesgo de desastres. La nueva ley se centra explícitamente en temas de prevención y opera a través de comités regionales y locales. Como ocurre con otros ámbitos jurídicos, uno de los retos de



esta legislación es la implementación, sin la cual será sumamente difícil, para los más de 1098 municipios de Colombia, crear comités locales de gestión de desastres.

Como ocurre en otros países, la legislación colombiana sobre otras áreas de política tiene un peso similar sobre la capacidad institucional para responder al cambio climático (Martins y Ferreira, 2011a y 2011c; Romero-Lankao *et al.*, 2013). La Ley de ordenamiento territorial (1997) otorgó fuerza al Plan de Desarrollo Manizales Calidad Siglo XXI y permitió que los temas ambientales quedaran definitivamente establecidos como ejes organizadores de análisis en el desarrollo de los planes urbanos; por su parte, la creación del Ministerio de Medio Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental promovió el desarrollo de los perfiles ambientales de las ciudades que dieron apoyo a los proyectos que se llevaron a cabo en el marco de Biomanizales. En Colombia se aplica a las propiedades rurales y urbanas una sobretasa ambiental que se destina a resolver problemas ambientales locales, lo que permite que ciudades comprometidas y con capacidad para gestionar el medio ambiente, como es el caso de Manizales, puedan contar con recursos específicos para financiar su política ambiental (Hardoy *et al.*, 2014). En paralelo, Colombia y ciudades como Manizales están fortaleciendo la planificación de la adaptación al cambio climático, mediante la incorporación de estrategias de cambio climático en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 y el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), y el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA) (Hardoy y Velásquez Barrero, 2014).

Aunque la legislación otorga a las autoridades estatales y locales la competencia en lo relativo a diversos servicios e infraestructuras, dichas autoridades tienen una influencia más limitada en sectores y determinantes clave de los hábitos de uso de energía, las emisiones y la creación de riesgos y vulnerabilidades; es decir, las autoridades urbanas tienen menor capacidad para gestionar áreas como la energía, los transportes y los cambios en el uso del suelo (OCDE, 2005; Romero-Lankao *et al.*, 2013). México DF y Santiago son un ejemplo de ese fenómeno. En la capital mexicana, las políticas de ordenamiento del territorio definen un límite que divide las zonas de desarrollo urbano, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano de las zonas de «amortiguamiento», conservación y protección contra riesgos, a cargo de autoridades ambientales (GDF, 2007: 23; Aguilar y Santos, 2011; Wigle, 2010). Los reglamentos de Santiago brindan oportunidades más claras y explícitas para el desarrollo urbano (Zunino, 2006). No existe en Santiago —exceptuando la Estrategia de Desarrollo Regional (EDR), que es solamente indicativa, y el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), que no incorpora de manera explí-

cita al cambio climático— (Krellenberg, Jordán *et al.*, 2013) ningún instrumento general para guiar políticas, planes e inversiones territoriales y sectoriales.

No obstante, es responsabilidad de los funcionarios ambientales de México DF y Santiago evitar el crecimiento de la mancha urbana en zonas de protección ecológica y de alto riesgo, incluidos los riesgos relacionados con el cambio climático; estas prioridades compiten por un espacio normativo en una agenda política que promueve un crecimiento económico y un desarrollo capitalistas sin cortapisas ni contrapeso ambiental alguno. Este conflicto se manifiesta en la competencia entre construcciones discursivas que sustentan las políticas locales de crecimiento urbano descontrolado y los intentos ineficaces de controlarlo (Romero-Lankao *et al.*, 2013).

### Producción y uso de información científica

Las prácticas de producción y acceso a información científica y las relacionadas con su uso sistemático en la toma de decisiones se desarrollan en políticas anteriores y se encuentran en diferentes fases de evolución en las ciudades latinoamericanas. Por ejemplo, México DF, tiene una tradición más larga de creación de información sobre contaminación atmosférica, relevante en lo que concierne al cambio climático; en cambio, ciudades como Manizales (Colombia) y municipios —o partidos— como San Fernando (provincia de Buenos Aires) pueden dar fe de una tradición en la gestión de información sobre riesgos

Las fuentes gubernamentales y no gubernamentales que producen información varían a lo largo de la región. En ciudades como Santiago, la información científica sobre recursos naturales y desastres hidrometeorológicos proviene de los niveles nacionales de gobierno en colaboración con universidades nacionales y en el caso de la sostenibilidad urbana y el cambio climático también la producen organizaciones internacionales (como la Asociación Helmholtz, Alemania). En Santiago se llevó a cabo un proceso participativo de consulta, de dos años de duración, que arrojó como resultado la elaboración del Plan Regional de Adaptación al cambio climático; durante dicho proceso se utilizó una base de datos científicos relativos al cambio climático y sus impactos a nivel metropolitano (Krellenberg, Jordán *et al.*, 2013).

Es común que la información se transmita del nivel nacional a los niveles estatal y local, con la premisa de una falta, supuesta o real, de capacidad a nivel municipal (Romero-Lankao *et al.*, 2013). En ciudades como Manizales (Colombia) y Chetumal (México), las universidades y centros académicos locales son tradicionalmente

una fuente de generación de los conocimientos y experiencias en que se apoyan los gobiernos municipales y estatales (Hardoy 2013; Hardoy y Velázquez Barrero 2014, Hardoy *et al.*, 2014). México DF, o, más bien, el Gobierno del Distrito Federal, presenta una situación diferente, pues está desempeñando un papel activo en la producción de la información necesaria para planificar las medidas contra el cambio climático, a la vez que mejora su capacidad institucional de respuesta. La ciudad confecciona su propio inventario de emisiones y cuenta con el Centro Virtual de Cambio Climático.

En Brasil, la información científica relacionada con el cambio climático proviene de instituciones ejecutivas del gobierno nacional como el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), el Panel Brasileño sobre Cambio Climático (PBMC) y los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología (INCT). De igual importancia son centros educativos públicos como el Instituto Virtual Internacional del Cambio Global (IVIG), así como la información más específica generada a nivel local por las instituciones de los estados y municipios (por ejemplo, el Instituto Pereira Passos-IPP).

En cuanto a la divulgación de la información, los tomadores de decisiones de varias ciudades suelen basarse en Internet para intercambiar información entre el gobierno y el público en general y publican sus informes, planes y datos en páginas de Internet, dando por sentado que así la información pasa a ser de dominio público y que la población la utilizará (Romero-Lankao *et al.*, 2013). Este modelo se basa en el supuesto de que los usuarios están capacitados para encontrar en la red la información que necesitan. Las investigaciones realizadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Bogotá, México DF, y Santiago (Romero-Lankao *et al.*, 2012) permitieron a los autores del presente capítulo corroborar que la realidad difiere de las expectativas, pues los sectores populares recurren primero a la televisión y, en segundo lugar, a la radio como principales fuentes de información sobre riesgos ambientales y climáticos.

### Participación ciudadana

Si bien las autoridades urbanas de la región han seguido la tendencia internacional de hacer participar en el diseño de planes y programas a distintos sectores privados y de la sociedad civil (Garfin, Romero-Lankao y Varady, 2013; Carmin, Nadkarni y Rhie, 2012), las experiencias de participación han ido adquiriendo connotaciones distintas y se enfrentan a retos y oportunidades diferentes.

En un lado del espectro se encuentra Manizales, que ha desarrollado un proceso de participación ciudadana —pocas veces visto en otras ciudades— para el diagnóstico, la planificación, la implementación y el monitoreo. La capacidad de concertación y establecimiento de acuerdos, y de generación de información de calidad para la toma de decisiones resultante de este tipo de participación, se convirtió en un activo institucional de tal envergadura que permitió a diversos sectores y actores no gubernamentales mantener la agenda ambiental y de gestión de riesgos y, actualmente, también la agenda de adaptación, prescindiendo de las administraciones no interesadas en esos ámbitos de política. En otras palabras, la participación social permitió salvar la brecha entre una gestión y otra, aun cuando no hubo continuidad en las políticas o a pesar de que las autoridades cambiaron sus prioridades y redujeron el apoyo que prestaban a políticas que apuntalaban la capacidad de respuesta institucional y ciudadana (Hardoy 2013; Hardoy y Velázquez Barrero 2014, Hardoy *et al.*, 2014),

En Brasil, la participación ciudadana oficial se ha limitado a la estructura de consulta prevista en el Foro Municipal sobre el Cambio Climático. São Paulo y Río de Janeiro elaboraron sus respectivas leyes de políticas municipales sobre cambio climático. Tanto en las conferencias nacionales temáticas iniciadas en 2003 como en la inclusión del cambio climático como tema de las Conferencias Nacionales, Estaduales y Municipales de Medio Ambiente, la participación de la sociedad civil se ha limitado a procesos consultivos que, por un lado, parten de la estructura oficial, y que, por el otro, no dejan de ser espacios de participación y debate con la sociedad.

El análisis de casos de estudio permitió a los autores del presente capítulo constatar que diferentes instancias de planificación incluyen espacios y mecanismos de participación y articulación entre sectores y actores, sobre todo en las etapas de diagnóstico y de planificación de políticas. Las universidades y centros de estudio nacionales, estatales y locales han sido tradicionalmente una fuente de generación de los conocimientos y las experiencias en que se apoyan los gobiernos municipales y estatales. Por ejemplo, en Santiago, México DF, y Chetumal, académicos, especialistas y diferentes niveles sectoriales y administrativos del gobierno (y en México DF, también el público en general) han participado en procesos de consulta destinados a dar a conocer las preocupaciones y prioridades de los distintos actores en lo relativo al cambio climático (Hardoy *et al.*, 2014; Krellenberg, Jordán *et al.* 2013; Romero-Lankao *et al.*, 2013).

La participación tiene que hacer frente a diversos desafíos. Si el objetivo es apuntalar la capacidad institucional, es fundamental que la participación —o, como mínimo, la rendición de cuentas— forme parte de la toma de decisiones también

durante las etapas de implementación y evaluación de políticas. En algunas ciudades, los mecanismos previstos para la interacción con las comunidades tienden a ser tecnocráticos, autoritarios y paternalistas, ya que se suele pensar que la información y las estrategias de gestión son adecuadas si “fueron redactadas por los técnicos que saben lo que hacen” (declaración de una autoridad nacional de protección civil, citada en Romero-Lankao *et al.*, 2013). Este tipo de opiniones omiten las diferencias estructurales implícitas en las relaciones de poder que restringen el acceso de las poblaciones urbanas a los procesos de diagnóstico de los problemas asociados al cambio climático y a los procesos de definición de las medidas de gestión más apropiadas (Few, Brown y Tompkins, 2007; Romero-Lankao *et al.*, 2012). Sobre todo en América Latina, la participación puede verse limitada por asimetrías en el acceso a recursos y en el poder de decisión de los actores. La capacidad de producir información, la calidad de la información científica y el acceso a ella, suelen estar limitados a un grupo selecto de actores gubernamentales y no gubernamentales (académicos, sector privado). Quienes no forman parte de ese círculo selecto, incluidas las organizaciones locales y los gobiernos municipales, acaban contando, debido a la falta de poder y de recursos económicos y humanos, con pocas posibilidades de producir y almacenar información primaria y secundaria para comprender y resolver sus problemas de mitigación y adaptación (Romero-Lankao *et al.*, 2013; Bórquez *et al.*, 2009).

## CONCLUSIONES

En el presente capítulo se ha aplicado un marco analítico para estudiar la capacidad institucional de respuesta y se ha ofrecido al lector una perspectiva integrada y comparada de las respuestas de mitigación y adaptación a la variabilidad y el cambio climáticos en Buenos Aires y Rosario (Argentina), São Paulo y Río de Janeiro (Brasil), Manizales (Colombia), Santiago, Chetumal y México DF (México), ciudades que se encuentran en distintas fases de institucionalización de su agenda climática. La utilización de un análisis de casos de estudio y la comparación de las experiencias de gestión permitieron constatar que el diseño de las medidas de política se vincula con el diagnóstico del problema de política (cambio climático) y que se sustenta en experiencias anteriores de gestión, con algunas ciudades centradas en la gestión de la contaminación del aire y, otras, en la gestión de desastres.

A pesar de que la descentralización y la reforma neoliberal permitieron a los gobiernos locales asumir responsabilidades relevantes para las políticas de adapta-

ción y mitigación, la eficacia de esas medidas depende de la existencia de gobiernos locales competentes e inclusivos, con recursos financieros y humanos, y que cuenten con la capacidad institucional de respuesta. En el presente capítulo, el análisis de casos ha permitido dibujar un mosaico de rasgos, situaciones y determinantes de la capacidad institucional de las ciudades latinoamericanas, entre los que destacan:

- Redes y estructuras administrativas: las estructuras administrativas en ciudades como Santiago, México DF, y Buenos Aires tienden a ser centralizadas, fragmentadas y descoordinadas. En ciudades y momentos de mayor alineamiento político entre los distintos niveles de gobierno (Chetumal y Rosario), las posibilidades de coordinación y apoyo nacional a los otros niveles de gobierno han sido mayores. Solamente en algunas ciudades (como Manizales), la descentralización fue relativamente más exitosa a la hora de apuntalar la capacidad de gestión de los gobiernos locales.
- El marco jurídico se constituye junto con la legislación pertinente sobre cuya base cada ciudad puede desarrollar sus propias estrategias de mitigación y adaptación. Los niveles de desarrollo jurídico van de la carencia de legislación climática a nivel nacional (Santiago y Rosario) a países con leyes climáticas a nivel nacional y estatal (ciudades mexicanas, brasileñas y recientemente colombianas). De igual importancia para la capacidad de respuesta es la existencia de un marco jurídico para la gestión de otros ámbitos, como desastres y ordenamiento del territorio urbano.
- Dos obstáculos jurídicos a la capacidad institucional de respuesta son el resultado de problemas de cumplimiento de la normativa y, también, de la más limitada influencia de los gobiernos locales sobre sectores y determinantes clave de los hábitos de uso de energía, las emisiones y la creación de riesgos y vulnerabilidades.
- La producción y el uso de información científica se desarrollan según políticas anteriores y en las ciudades latinoamericanas se encuentran en distintas fases de evolución. Mientras que áreas urbanas del Brasil y México cuentan con centros académicos de vanguardia en la región y con interfaces ciencia-política (como los centros virtuales de cambio climático), hay países y ciudades más pequeños que deben recurrir a universidades y centros académicos locales.
- Entre los encargados de la toma de decisiones es común utilizar Internet para intercambiar información entre el gobierno y el público en general. Se trata de un hábito que crea una especie de vacío de comunicación, ya

que las poblaciones urbanas, sobre todo los sectores populares, recurren primero a la televisión y, en segundo lugar, a la radio, como principales fuentes para obtener información sobre riesgos ambientales y climáticos.

- Participación social: pese a la participación de sectores privados y de la sociedad civil en el diseño de planes y programas climáticos, no todas las experiencias de participación social son iguales, y van desde las realizadas en ciudades como Manizales o Rosario, con procesos participativos innovadores e incluyentes, hasta los más comunes procesos consultivos que, con todas sus limitaciones, ofrecen la posibilidad de abrir espacios de diálogo y debate con la sociedad. Aun ofreciendo la posibilidad de apuntalar la rendición de cuentas durante la implementación y evaluación de políticas, la participación se ve limitada por asimetrías en el acceso a recursos y poder de decisión entre los sectores y organizaciones interesados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adger, W.N., N. Arnell y E. Tompkins (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, vol. 15, núm. 2. Amsterdam: Elsevier.
- Aguilar, A. y C. Santos (2011). Informal settlements' needs and environmental conservation in Mexico City: An unsolved challenge for land-use policy. *Land Use Policy*, vol. 28, núm. 4. Amsterdam: Elsevier.
- Betsill, M. y H. Bulkeley (2007). Looking back and thinking ahead: A decade of cities and climate change research. *Local Environment*, vol. 12, núm. 5. Taylor & Francis.
- Borquez, R. *et al.*, (2009), Institutional responses to climate change in Chile, proyecto Coming down the mountain: Understanding the vulnerability of Andean communities to hydroclimatologic variability and global environmental change, octubre.
- Brooks, N., Neil Adger, W. y Mick Kelly, P. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global environmental change*, 15(2): 151-163.
- Bulkeley, H. (2010). Cities and the governing of climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 35. *Annual Reviews*.
- Burch, S. y J. Robinson (2007). A framework for explaining the links between capacity and action in response to global climate change. *Climate Policy*, vol. 7, núm. 4. Taylor & Francis.
- Carmin, J.A., N. Nadkarni y C. Rhie (2012). *Progress and challenges in urban climate adaptation planning: Results of a global survey*. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

- Corfee-Morlot, J. *et al.* (2009). Cities, climate change and multilevel governance. *OECD Environment Working Papers*, núm. 14. París: OECD Publishing.
- Engle, N. y M. Lemos (2010). Unpacking governance: Building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil. *Global Environmental Change*, vol. 20, núm. 1. Amsterdam: Elsevier.
- Few, R., K. Brown y E.L. Tompkins (2007). Public participation and climate change adaptation: Avoiding the illusion of inclusion. *Climate Policy*, vol. 7, núm. 1. Taylor & Francis.
- Garfin, G., P. Romero-Lankao y R. Varady (2013). Rethinking integrated assessments and management projects in the Americas. *Environmental Science and Policy*, vol. 26. Amsterdam: Elsevier.
- GDF (Gobierno del Distrito Federal) (2008). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012. <[http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm\\_resumen.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm_resumen.pdf)>.
- \_\_\_\_\_ (2007). Programa General de Desarrollo del Distrito Federal 2007-2012. <<http://www.finanzas.df.gob.mx>>.
- Hardoy, J. y L.S.V. Velásquez Barrero (2014). *Re-thinking 'Biomanizales' to address climate change adaptation in Manizales*. Colombia (en prensa).
- Hardoy, J. *et al.*, (2014). Institutionalizing climate change adaptation at municipal and state level in Chetumal and Quintana Roo, Mexico (en prensa).
- Hardoy, J. (2013). Los desafíos de incorporar la adaptación al cambio climático en las agendas locales. Algunas experiencias de América Latina. En *Medio Ambiente y Urbanización*, vol 78, núm. 1: 9-32. <<http://www.ingentaconnect.com/content/ijreal/meda/2013/00000078/00000001/art00002;jsessionid=z31d1zm58nyh.victoria>>.
- Hardoy, J. y P. Romero-Lankao (2011). Latin American cities and climate change: Challenges and options to mitigation and adaptation responses. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, núm. 3. Amsterdam: Elsevier.
- Hardoy, J. y R. Ruete (2013). Incorporating climate change adaptation into planning for a liveable city in Rosario, Argentina. *Environment and Urbanization*, vol. 25, núm. 2. Sage Publications.
- Hoornweg, D. *et al.* (2011). *Cities and climate change: Responding to an urgent Agenda*. Washington, D.C., Banco Mundial.
- Jordan, R., Rehner, J., Samaniego, J. (2010). *Regional panorama. Latin America: Megacities and sustainability*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Santiago.
- Klein, R. *et al.* (2007). Interrelationships between adaptation and mitigation. En M.L. Parry *et al.* (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability (Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)*. Cambridge: Cambridge University Press.



- Koontz, T. y E. Moore (2004). One size does not fit all: Matching breadth of stakeholder participation to watershed group accomplishments. *Policy Sciences*, vol. 37, núm. 2. Springer.
- Krellenberg, K., Müller, A., Schwarz, A., Höfer, R. y Welz, J. (2013). Flood and heat hazards in the Metropolitan Region of Santiago de Chile and the socioeconomics of exposure. *Applied Geography*, 38: 86-95.
- Krellenberg, K., Jordán, R., Rehner, J., Schwarz, A., Infante, B., Barth, K. y Pérez, A. (eds.) (2014). *Adaptation to climate change in megacities of Latin America: Regional Learning Network of the research project Climate Adaptation Santiago (CAS)*, UN ECLAC, p. 94.
- Lampis, A. y A. Fraser (2012). *The impact of climate change on urban settlements in Colombia*. Nairobi, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat).
- Lemos, M. y B. Morehouse (2005). The coproduction of science and policy in integrated climate assessments. *Global Environmental Change*, vol. 15, núm. 1. Amsterdam: Elsevier.
- Lucon, O. y J. Goldemberg (2010). Sao Paulo – The ‘other’ Brazil: Different pathways on climate change for state and federal governments. *The Journal of Environment and Development*, vol. 19, núm. 3, Sage Publications.
- Martins, R., J.C. Vaz y E. Caldas (2010). A gestão do desenvolvimento local no Brasil: (des) articulação de atores, instrumentos e território. *Revista de Administração Pública*, vol. 44, núm. 3. Rio de Janeiro, Fundação Getulio Vargas.
- Martins, R. y L. Ferreira (2011a). Opportunities and constraints for local and subnational climate change policy in urban areas: Insights from diverse contexts. *International Journal of Global Environmental Issues*, vol. 11, núm. 1. Inderscience Enterprises.
- \_\_\_\_ (2011b). Climate change action at the city level: Tales from two global cities in Brazil. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, vol. 22, núm. 3. Emerald.
- \_\_\_\_ (2011c). Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local? *Revista de Administração Pública*, vol. 45, núm. 3. Rio de Janeiro, Fundação Getulio Vargas.
- \_\_\_\_ (2010). Capacitando a adaptação à mudança climática em áreas urbanas: uma abordagem de governança local. *INTERthesis*, vol. 7, núm. 2. Florianópolis.
- Measham, T.G. et al. (2011). Adapting to climate change through local municipal planning: Barriers and challenges. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 16, núm. 8. Springer.
- Moser, S.C. y J.A. Ekstrom (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, núm. 51. Washington, D.C., National Academy of Sciences.

- Mukheibir, P. y G. Ziervogel (2007). Developing a Municipal Adaptation Plan (MAP) for climate change: The city of Cape Town. *Environment and Urbanization*, vol. 19, núm. 1. Sage Publications.
- Municipalidad de San Fernando (2006). *Plan de desarrollo urbano de San Fernando*. Documento de trabajo. Mimeo.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2005). *Evaluaciones de desempeño ambiental. Chile (LC/L.2305)*. Santiago de Chile, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)/Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- ONU-Hábitat (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos) (2011). *Global Report on Human Settlements 2011: Cities and Climate Change*. Nairobi.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pelling, M. y D. Manuel-Navarrete (2011). From resilience to transformation: The adaptive cycle in two Mexican urban centers. *Ecology and Society*, vol. 16, núm. 2.
- Puppim de Oliveira, J.A. (2009). The implementation of climate change related policies at the subnational level: An analysis of three countries. *Habitat International*, vol. 33, núm. 3. Amsterdam: Elsevier.
- Raadgever, G. et al. (2008). Assessing management regimes in transboundary river basins: Do they support adaptive management. *Ecology and Society*, vol. 13, núm. 1.
- Romero-Lankao, P. (2012). Governing climate change in cities: An overview of policy and planning challenges and options. *European Planning Studies*, vol. 20, núm. 1. Taylor & Francis.
- \_\_\_\_\_. (2007). How do local governments in Mexico City manage global warming? *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, vol. 12, núm. 5. Taylor & Francis.
- Romero-Lankao, P. y G. Gunther (2011). Missing the multiple dimensions of water? Neoliberal modernization in Mexico City and Buenos Aires. *Policy & Society: Journal of Public, Foreign and Global Policy*, vol. 30, núm. 4. Amsterdam: Elsevier.
- Romero-Lankao, P. y D. Dodman (2011). Cities in transition: Transforming urban centers from hotbeds of GHG emissions and vulnerability to seedbeds of sustainability and resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, núm. 3. Amsterdam: Elsevier.
- Romero-Lankao et al. (2012). Urban vulnerability and adaptation to the health impacts of air pollution and climate extremes in Latin American cities. *Urban Research in Urban Sociology*, vol. 12. Emerald Group Publishing.

- Romero-Lankao, P., Hughes, S., Rosas-Huerta, A., Borquez, R., Gnatz, D. (2013). Urban institutional response capacity for climate change: An examination of construction and pathways in Mexico City and Santiago. *Environment and Planning C.*: 785-805.
- Romero-Lankao, P., H. Qin *et al.* (2013b). Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Social Science & Medicine* 83(0): 110-118.
- Rosas Huerta, A. (2011). La capacidad administrativa del gobierno del Distrito Federal y el cambio climático. *Política y cultura*, vol. 36.
- Satterthwaite, D. *et al.* (2007). *Adapting to climate change in urban areas: The possibilities and constraints in low-and middle-income nations*. Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Tompkins, E. L. y Neil Adger, W. (2005). Defining response capacity to enhance climate change policy. *Environmental Science & Policy*, 8(6): 562-571.
- Velásquez, L. (2011). La gestión del riesgo en el contexto ambiental urbano local, un reto permanente y compartido. Caso Manizales, Colombia. *Medio Ambiente y Urbanización*, vol. 75, núm. 1. Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- \_\_\_\_\_ (1998). Agenda 21: A form of joint environmental management in Manizales. *Environment and Urbanization*, vol. 10, núm. 2. Sage Publications.
- Wigle, J. (2010). The 'Xochimilco model' for managing irregular settlements in conservation land in Mexico City. *Cities*, vol. 27, núm. 5. Amsterdam: Elsevier.
- Yohe, G. y Tol (2002). Mitigative capacity – The mirror image of adaptive capacity on the emissions side. *Climatic Change*, vol. 49, núm. 3. Springer.
- Zunino, H. (2006). Power relations in urban decision-making: Neo-liberalism, 'techno-politicians' and authoritarian redevelopment in Santiago, Chile. *Urban Studies*, vol. 43, núm. 10. Sage Publications.

# CAMBIO CLIMÁTICO Y URBANIZACIÓN: METABOLISMO Y ECOLOGÍA POLÍTICA URBANA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CIUDADES RESILIENTES\*

---

Gian Carlo Delgado Ramos\*\*

## INTRODUCCIÓN

Hoy día, el 52% de la población mundial es urbana. Proyecciones para el 2050 indican que ésta podría ubicarse entre el 64% y 69% de la población total mundial (Naciones Unidas, 2011), momento en el que la extensión de la capa urbana se duplicaría o hasta triplicaría, dependiendo de las dinámicas poblacionales y económicas (Angel *et al.*, 2011; Seto *et al.*, 2014). En tal escenario, la urbanización será más intensa en regiones que aún no han experimentado tasas importantes de urbanización y que al mismo tiempo prometen al menos un relativo crecimiento económico futuro (Naciones Unidas, 2011). Esto es, en Asia países como China e India, esencialmente, pero también ciertas regiones de África colocadas en esta dinámica pues al día de hoy tales continentes registran, en promedio, sólo un 45% y 40% de población total urbanizada, respectivamente (*Ibid.*).

No es menor precisar que tal proceso de urbanización ha sido histórico y geográficamente desigual pues el grueso de asentamientos irregulares, que suman el 32% de la población mundial urbana, están en los países pobres (Davis, 2006). En

---

\* Texto derivado de los resultados del proyecto investigación CEIICH-PINCC sobre “Valoración del metabolismo urbano en la Ciudad de México y sus impactos socioeconómicos frente al cambio climático”, terminado en julio de 2014.

\*\* Economista e investigador de tiempo completo del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

promedio, el 43% de la población urbana de los países en desarrollo vive en dichos espacios, pero casos como Chad, Etiopía o Afganistán, rondan el 98%-99.4%; en contraste, en los países ricos, los barrios pobres cubren en promedio sólo el 6% de sus espacios urbanos (*Ibid.*).<sup>1</sup>

En este panorama, es notorio que América Latina (AL) sea la única región del mundo “en desarrollo” con índices que promedian 78% de población urbana (UN-HABITAT, 2009). El porcentaje de población que vive en zonas de alta marginación es del 27% en promedio (*Ibid.*), aunque es variable, pues se estima en el orden del 19.6% en México; en 36.6% en Brasil; 33.1% en Argentina; 68% en Perú, por dar algunos ejemplos (Davis, 2006).

Dado el tipo de economía que caracteriza a la región, dígase primario—exportadora y en el mejor de los casos maquiladora, pero también a la inestabilidad de la misma y a los altos índices de inequidad (Delgado, 2011), el resultado de tal dinamismo urbano es que las ciudades latinoamericanas figuran como íconos representativos de inmensos y típicos (des)ordenamientos territoriales y sus patrones de expansión han sido acelerados y, aunque los ritmos de urbanización de la región han decaído en los últimos años (la tasa de crecimiento anual promedio ronda el 1.8%), se espera, sin embargo, que siga creciendo hasta alcanzar el 87% de población urbana para 2050. En México, por ejemplo, las proyecciones para 2050 estiman una población total de 150.83 millones, de la cual, 86% será urbana; en 2010 ésa era el 72.3%, es decir, 81.2 millones de habitantes (Naciones Unidas, 2014; CONAPO, 2012).

Tomando nota de este escenario, se hace una breve revisión sobre el peso de los asentamientos urbanos en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y los principales impulsores de tales emisiones para luego presentar una aproximación a los perfiles de consumo de materiales y energía de los asentamientos urbanos, metodología también conocida como metabolismo urbano; el caso se aterriza para algunas ciudades de América Latina. Posteriormente, se analizan los conflictos de acceso, gestión y usufructo de los recursos, incluyendo la tierra, las asimetrías presentes y los intereses creados que están detrás de la conformación de las funciones del propio territorio urbano, su lógica y finalidad, dígase en beneficio de qué y de quién.

---

<sup>1</sup> El proceso de ampliación de las zonas urbanas de alta marginación se acentuó a partir de la década de 1990, cuando se registró un aumento de 36% de la población ahí emplazada, misma que, de seguir la actual tendencia, se duplicará para el 2040 (Davis, 2006).

Finalmente, se aborda la necesidad del planteo de nuevos paradigmas urbanos, no sólo de aquellos típicamente reconocidos en el ámbito de especialistas diversos, sino también de otros que abogan por un genuino buen vivir urbano y en general por el *bien común de la humanidad* (Daiber y Houtart, 2012; Delgado, 2014, entre otros). En este último punto se sostiene que el metabolismo urbano, como potente herramienta analítica del ámbito biofísico, acompañado en todo momento de una visión crítica de lo socioeconómico, ambiental y político, como la que caracteriza a la ecología política (urbana), puede contribuir al proceso de construcción de alternativas y de rutas de transición. Se trata de un punto que, en efecto, obliga a la discusión sobre el significado de lo alternativo, esto es, preguntarse, alternativo a qué.

## ASENTAMIENTOS URBANOS Y EMISIONES GEI

La literatura sobre las contribuciones de GEI de los asentamientos urbanos es reciente, no ha analizado íntegramente todas las regiones urbanas del planeta y usa metodologías diversas, tanto para definir lo urbano (las fronteras de estudio) como para contabilizar las emisiones (tanto directas como indirectas), y qué puede hacerse de modo *top down* (escalamiento a partir de datos nacionales) o *bottom up* (estimaciones de estudios de caso representativos) (Seto *et al.*, 2014). Por tanto, el Quinto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) estima con un rango medio de evidencia y acuerdo, que los asentamientos urbanos contribuyen con el 71 al 76% de las emisiones si se contabilizan a partir del uso final de energía y entre el 67 y el 76% si se mira desde el uso global de energía (Seto *et al.*, 2014).

La contribución de los asentamientos urbanos en la emisión de GEI, independientemente de la metodología empleada para valorarla, es modelada por diversos elementos o “impulsores”, fundamentalmente relacionados con: 1) la geografía económica y el ingreso (la función del asentamiento en la división internacional del trabajo y la jerarquía nacional, regional y global, así como por los consecuentes flujos comerciales de materiales, energía, bienes manufacturados y servicios); 2) los factores sociodemográficos (tamaño y distribución de edad de la población, las características de los hogares, normas culturales que derivan en ciertos perfiles de consumo, y factores de equidad o de distribución de bienes y servicios); 3) la tecnología disponible para la manufactura y en sí para las actividades económicas en general, así como con la infraestructura y la forma urbana imperante (arreglos

del uso del suelo, emplazamiento de sistemas de transporte, elementos de diseño, etcétera (Seto *et al.*, 2014).

En este contexto, es importante el reconocimiento de las interdependencias existentes entre los diversos impulsores descritos, siendo muy difícil aislar el impacto de cada uno de los factores involucrados en el consumo de energía y en la emisión de GEI debido a que, como se señala en el Quinto Informe del IPCC (vol. 3, cap. 12), están interconectados y usualmente interactúan a diversas escalas espaciales y temporales (Seto *et al.*, 2014). La interacción entre dichos factores y la importancia relativa de cada uno variará de lugar a lugar, además de que tales factores cambian con el tiempo y develan dependencias en sus trayectorias (Seto *et al.*, 2014). Lo dicho, en efecto, obliga la integración creciente de la propia política urbana de un modo novedoso, activo e imaginativo.

En el contexto arriba descrito, por lo general se confirma que las ciudades de los países Anexo 1 tienden a niveles per cápita de uso final de energía menores que los promedios nacionales. En cambio, en las ciudades no-Anexo 1, los promedios de consumo tienden a ser mayores que los promedios nacionales (Seto *et al.*, 2014). A lo dicho, se suman las emisiones indirectas o el carbono incorporado en la infraestructura o el suelo construido las cuales se estiman, para todos los asentamientos del 2050, en 470 Gt de CO<sub>2</sub> (*Ibid.*). Además, se advierte que la construcción de infraestructura cuya operación se basa en combustibles fósiles derivará en emisiones acumuladas de entre 2,986 y 7,402 Gt de CO<sub>2</sub> (*Ibid.*).

## METABOLISMO URBANO, SUSTENTABILIDAD Y CLIMA: UNA MIRADA DE SUS MÚLTIPLES ENFOQUES DESDE AMÉRICA LATINA

Las ciudades toman cuerpo en territorios concretos, con características biofísicas naturales específicas —o primera naturaleza—, sobre los cuales se conforma una segunda naturaleza (Mumford, 1961, Lefebvre, 1976) que materialmente demanda intercambios de materia (biótica, abiótica, de origen natural o antrópico) y energía (renovable o no-renovable) con sus alrededores o *hinterland* y más allá. Tales intercambios se dan en dos sentidos, en términos de flujos de materiales y energía que entran a los asentamientos urbanos y en flujos de materiales y de energía degradados que salen. Y dado que los flujos de salida son diversos no sólo en términos de composición biofísica sino en cuanto a su tiempo de vida útil, se habla así de la conformación de un *stock* de materiales (y de energía incorporada, o la cantidad de energía usada para su producción e incorporación

en lo que en sí conforma la infraestructura urbana y el parque vehicular) (véase la figura 1). Lo anterior se observa desde tres componentes generales: 1) flujos y conformación de stocks de materia y energía; 2) procesos mediante los cuales éstos toman cuerpo, y, 3) la sociedad en tanto que, mediante relaciones sociales de producción específicas, define tales o cuales perfiles metabólicos y construye el espacio territorial concreto.<sup>2</sup>

El estudio interdisciplinar de los tres componentes descritos es una cuestión cada vez más relevante, no sólo debido al creciente uso de recursos por parte de los asentamientos urbanos, sino también en tanto que permite hacer lecturas más finas del estado de situación actual de tales o cuales asentamientos en términos biofísicos, así como de su proyección futura, lo que, a su vez, abre la posibilidad de modelar rutas más o menos, eficientes en el uso de los recursos y en la generación de residuos y así enfocar esfuerzos. Dígase, por ejemplo, por medio de la planificación de los procesos metabólicos, desde la definición de las funciones y uso del territorio así como del mismo diseño de tales o cuales infraestructuras con base en la relevancia otorgada para su optimización, dígase en términos socioambientales, climáticos o de salud pública. Se trata de una línea de análisis que, pese a su importancia, sigue siendo muy limitada en la literatura.

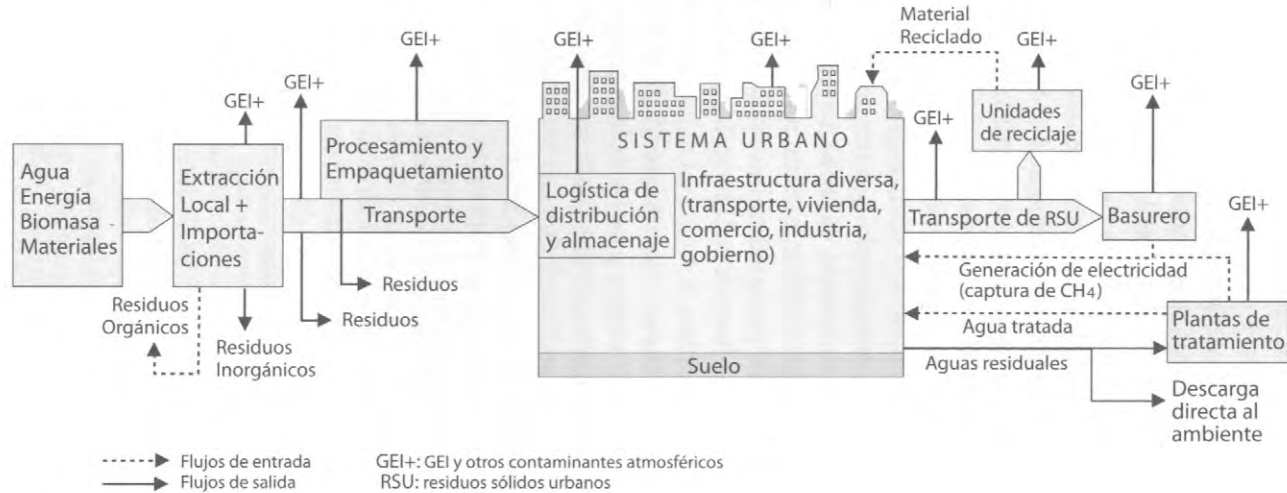
El metabolismo urbano tiene sus orígenes empíricos en el trabajo de Wolman (1965)<sup>3</sup> y más adelante en las corrientes propias de la economía ecológica y sobre todo en la ecología industrial (Ayres, 1994) que se avocaron a la cuestión urbana a partir de aplicar métodos de *análisis de flujos de materiales* o MFA (por sus siglas en inglés) (para una revisión técnica, léase: Brunner y Rechberger, 2005) y poco

<sup>2</sup> En relación con el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza, Toledo, Alarcón-Cháires y Barón (2009: 334) sostienen que: "...implica el conjunto de procesos por medio de los cuales los seres humanos organizados en sociedad, independientemente de su situación en el espacio (formación social) y en el tiempo (momento histórico) se apropian, circulan, transforman, consumen y excretan materia y/ energía provenientes del mundo natural".

<sup>3</sup> El autor analiza los flujos de entrada y salida de energía y materiales de una ciudad hipotética de EUA de un millón de habitantes, advirtiendo correctamente la complejidad y variabilidad de éstos. Identificó tres flujos clave de entrada (agua, alimentos y combustible) y tres de salida (aguas residuales, residuos sólidos y contaminantes atmosféricos). Dicha ciudad hipotética consumía 625 mil toneladas diarias de agua y generaba 500 mil toneladas diarias de aguas residuales; asimismo, el consumo de combustible era de unas 9,500 toneladas diarias y el de alimentos de unas 2 mil toneladas al día (Wolman, 1965). La conclusión del estudio es que llegada una cierta intensidad metabólica, se tornan inevitables los problemas ambientales, la contaminación atmosférica y la incapacidad de gestionar enteramente los residuos urbanos, sobre todo las aguas residuales (*Ibid.*).



Figura 1. Esquematación del metabolismo urbano



Fuente: Elaboración propia.

Diseño gráfico: Angeles Alegre Schettino.

después flujos de energía o lo que Haberl (1997 y 2001) calificó como “metabolismo energético”.<sup>4</sup>

El enfoque inicial fue el estudio exclusivo de flujos de materiales, seguido de los de energía (modelo metabólico linear), para después incorporar una visión o modelo cíclico de los flujos, es decir, aquella que incorpora la noción de “ciclos cerrados de materiales” o de procesos de reciclaje y recuperación parcial de flujos de salida, por ejemplo, de materiales valiosos en los residuos sólidos, de gas metano emitido por rellenos sanitarios, de agua tratable, etcétera). Más adelante, se incorporaría, por parte de diversos autores, el análisis de los componentes internos de cada flujo como redes de procesos (Zhang, 2013). En todos los casos existen dos modalidades de construcción de datos, de arriba hacia abajo (generalizaciones de promedios nacionales o regionales a nivel local) o de abajo hacia arriba (minado de dato en los territorios concretos), siendo este último el más preciso pero el más difícil de construir de manera dinámica o multitemporal en tanto que a nivel urbano suele haber muchas deficiencias de datos, ya no se diga problemas de su calidad.

El grueso de análisis metabólicos han sido realizados para ciudades de países desarrollados y enfocándose sobre todo, en varios o ciertos flujos metabólicos (agua, alimentos, energía, etcétera). La contribución de Baccini y Bruner (1990 y 2012) como precursores teóricometodológicos contemporáneos y, más adelante, de otros como Kennedy *et al.* (2007 y 2009), Minx *et al.* (2010), entre otros, son destacables, pues permiten tener una visión amplia e integrada de la evolución de los estudios sobre metabolismo urbano, incluyendo las contribuciones climáticas de éstos. En especial, el trabajo de Kennedy *et al.* (2007) y Zhang (2013) son referencias obligadas en tanto que ofrecen un metanálisis de las publicaciones en el área y sus metodologías y enfoques.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Los estudios MEFA parten con delimitar los límites de análisis, para después identificar los flujos existentes y clasificarlos, y así concluir con una matriz de balance que los contabiliza. Si existe suficiente información de calidad en el tiempo, es posible monitorear los flujos y stocks de materiales a lo largo de todo su ciclo de vida.

<sup>5</sup> Entre la diversidad de estudios realizados cabe mencionar, por ejemplo, para flujos energéticos de ciudades como Tokio (Hanya y Ambe, 1976), Hong Kong (Newcombe *et al.*, 1978), Miami (Zucchetto, 1975), Taipei (Huang, 1998), París (Barles, 2007 y 2009), Bogotá (Díaz-Álvarez, 2011) y ciertas capitales de América Latina (Delgado *et al.*, 2012, Delgado, 2013). Otras entregas se han en cambio enfocado en el metabolismo urbano del agua (Hermanowicz y Asano, 1999; Gandy, 2004; Thériault y Laroche, 2009; Delgado, 2015); el del ciclo de nutrientes del suelo (Forkes, 2007; Færgel *et al.*, 2001); o en el de residuos (Leach, Bauen y Lucas, 1997; Lehmann, 2011). Entre muchos más.

Resultados de un modelo lineal del metabolismo urbano de algunas de las principales ciudades capitales de AL devela que si se considera la población como único criterio, las zonas metropolitanas de Buenos Aires y Río de Janeiro deberían ser metabólicamente hablando similares, mientras que lo mismo aplicaría para la ZMVM y Sao Paulo. Desde luego, las condiciones biofísicas, el tipo de uso de suelo y otras características —incluyendo aquellas de tipo cultural— producen variaciones importantes (véase el cuadro 1); no obstante, lo que se corrobora es un aumento del metabolismo urbano. El caso de la Ciudad de México en materia de energía es revelador en tanto que pasó de un consumo de unos 443 Pj de energía en 1990 a 545 Pj en 2006 y, en 2010, a 527 Pj de consumo energético fósil, y 179 Pj de energía eléctrica producida fuera de la ciudad (que no era contemplada en la medición de 2006) (SMA-DF, 2012). En Montevideo, mientras la población no aumentó de 1996 al 2013, el consumo de energía lo hizo en 40% (con base en datos de consulta directa a la Intendencia de Montevideo, 1 de octubre de 2014).<sup>6</sup>

Derivado del análisis preliminar sintetizado en el cuadro 1, puede afirmarse que las ciudades capitales de AL estudiadas enfrentan grandes retos asociados con la obtención de energía, sobre todo de aquella destinada al transporte y, en un segundo plano, también para la generación de electricidad.

En el sector transporte, los avances de mayor impacto tanto en el consumo energético como en la reducción de emisiones asociadas tendrían que gestarse en el marco de un cambio de paradigma de la movilidad urbana, hacia uno más integrado, eficiente, de tipo masivo, pero también no motorizado y vinculado con el uso mixto del suelo y con procesos de redensificación (Delgado, 2012).

En lo que respecta a los flujos de entrada de agua, se observa una disponibilidad del líquido relativamente segura para las ciudades estudiadas con excepción de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) que ya se encuentra en un estado de alto estrés hídrico; sin embargo, la calidad del líquido sí es en diversos grados una variable que requerirá aún más atención tanto para la ZMVM, como el Gran Buenos Aires (Delgado *et al.*, 2012). Todo esto, en efecto, conlleva a un uso energético importante por lo que las medidas deberán estar bien diseñadas, ser ahorrativas y eficientes, e, idealmente, haciendo uso de energía renovable. Por otro lado, si bien las aguas residuales son en su mayor parte tratadas en las dos

---

<sup>6</sup> El consumo total de energía eléctrica en 1996 era de 2.59 millones de MWh, para el 2013 dicho consumo alcanzó los 3.65 millones de MWh. En ese mismo periodo, la población pasó de 1'344,839 habitantes en 1996 a unos 1,319,108 habitantes en 2011 (se estima una población similar para el 2013; con base en datos de [www.ine.gub.uy](http://www.ine.gub.uy)).

Cuadro 1. Patrones de flujos metabólicos de algunas ciudades latinoamericanas

Ciudad	Población (millones de habitantes)	Densidad poblacional (habitantes por km <sup>2</sup> ; incluye suelo rural y de conservación)	Energía (Pj, total)	Agua potable (litros per cápita/día)		Alimentos (per cápita/día)		Emisiones sectoriales directas (kg de CO <sub>2</sub> e per cápita/día)	Aguas residuales (litros per capita /día)	Residuos sólidos (kg per cápita día)
				Flujo total de entrada	Consumo real estimado (contabilizado)	Peso total (kg)	GEI de carne, leche y huevos (kg de CO <sub>2</sub> e)			
Ciudad de México (ZMVM)	8.85 (-22*)	6,020 (2,845*)	392 (706*)	318*	207*	1.82	1.85	9.51 (6.8*)	-390 <sup>c</sup>	1.44
Sao Paulo (Metro)	11.31 (20*)	7,492 (2,492*)	-277.8 ε	290	186.8 191	1.99	2.91	4.1	120	0.93
Lima (+Callao)	8.6 (9.6*)	3,225 (3,405*)	-185-200* <sup>1</sup> ε	234-250*	150*	1.72	0.70	14.1	196	1.86
Bogotá D. C.	7.3 (9.85*)	4,599 (5,687*)	228.7	428	171	1.82	1.99	5.17	192	0.76
Río de Janeiro	6.35 (11*)	5,250 (1,948*)	-161 ε	472	237.8 226	1.99	2.91	1.9	170	0.98
Buenos Aires (Gran BAs)	3 (12*)	14,778 (3,130*)	337.8	535*	370*	2.06	4.31	9.04	500*	1.66
Caracas Capital (AMC)	2.1 (3*)	4,910 (3,771*)	—	-509 (-620*)	-400 (474*)	1.97	2.38	3.5	—	0.99 - 1.2

Cuadro 1. (Continuación)

Ciudad	Población (millones de habitantes)	Densidad poblacional (habitantes por km <sup>2</sup> ; incluye suelo rural y de conservación)	Energía (Pj, total)	Agua potable (litros per cápita/día)		Alimentos (per cápita/día)		Emisiones sectoriales directas (kg de CO <sub>2</sub> e per cápita/día)	Aguas residuales (litros per capita /día)	Residuos sólidos (kg per cápita día)
				Flujo total de entrada	Consumo real estimado (contabilizado)	Peso total (kg)	GEl de carne, leche y huevos (kg de CO <sub>2</sub> e)			
Quito	1.6 (2.2*)	4,545 (527*)	-50.1* ε	271*	189*	1.41	1.76	-13 (25.7*)	—	0.73
Montevideo	1.3 (1.7*)	2,488	-97†	368♦	181♦	2.14	2.99	8.1-8.2	—	1.4

\* Estimación a escala metropolitana.

ε Estimación optimista.

† Incluye fugas de agua, agua de lluvia y otras fuentes irregulares.

‡ 13 Pj corresponden a energía eléctrica (se estima un consumo per cápita nacional de 2,904 kWh); el resto ha sido estimado con base en consumos per cápita y agregados a nivel de la población de Montevideo: ~10 Pj a gas natural, 27 Pj de gasolina, 40 Pj de diesel y 6.9 Pj de otros combustibles (fuel oil, queroseno, etc).

♦ Agua producida y agua consumida considerando todo tipo de consumos (industriales, comerciales, gobierno y domésticos) para el año 2013. Pérdida en fugas, tanto físicas como aparentes, del orden del 50.7% (solicitud de información OSE RPSG No. 94-14).

‡ 54 Pj de electricidad; 56 Pj de gas natural y más de 75 Pj de combustibles para el transporte (se estiman hasta 90 Pj).

Fuente: Elaboración propia con base en Delgado (2013); Jiménez (2012); Intendencia de Montevideo (2009 y 2013); Indicadores de SINIA <<http://sinia.minam.gob.pe>>; INE-Venezuela <<http://www.ine.gov.ve>> y de MINEM <[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)>; Seifert, 2009; SEDAPAL (2013); Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2005).

megaciudades brasileñas estudiadas (al menos en un cierto grado), éste no es el caso de Buenos Aires y la Ciudad de México, por lo que ahí se requiere implementar acciones crecientes en dicho rubro (*Ibid.*).

En el caso de la generación de residuos uno de los principales retos es la disminución de los patrones de consumo, no sólo porque se corrobora que mientras más grande es la población mayor es el valor de generación per cápita de residuos (INECC, 2012), sino también porque en términos climáticos la disminución del consumo de productos y por tanto de generación de residuos se convierten en la principal medida de mitigación esto es, en términos de residuos y emisiones evitadas. La Ciudad de México y Buenos Aires enfrentan tal vez el mayor reto al colocarse a la cabeza en la generación de residuos en términos per cápita. Por su parte, en la Ciudad de México y Sao Paulo, debido al gran volumen generado, la gestión de residuos debería aumentar el reciclaje e impulsar la composta y generación de biogás para la producción de energía eléctrica. Esto último, una acción ciertamente desaprovechada para el caso de la Ciudad de México, pero no así en el caso de Sao Paulo donde es una de las principales medidas de mitigación del plan de acción climática de la ciudad.

Ahora bien, no es sino hasta tiempos recientes que el análisis del *stock* urbano comenzó a incluirse como aspecto clave de los estudios metabólicos urbanos, ello en tanto que la energía incorporada de los materiales que lo componen es muy elevada, dígase especialmente acero, cemento y aluminio.<sup>7</sup> En ese sentido, el trabajo de Müller *et al.* (2013) es valioso pues estima las dimensiones del *stock* que compone la infraestructura global en términos de CO<sub>2</sub>e derivado de la energía incorporada en los tres materiales antes mencionados. Los autores concluyen que la infraestructura global representa 122 (-20 / +15) gigatoneladas de CO<sub>2</sub>e para el caso de los 3 materiales en cuestión, de las cuales 68 gigatoneladas corresponden a los países del Anexo I (o más desarrollados) (Müller *et al.*, 2013). Las asimetrías per cápita identificadas son de al menos cinco órdenes de magnitud pues el promedio del consumo en los países del Anexo 1 es de 51 (-10 / +7) toneladas per cápita, mientras que en los países no-Anexo 1 es de 10 (±1) toneladas per cápita (*Ibid.*).

A nivel de asentamiento urbano, un primer cálculo de las dimensiones del *stock* de la Ciudad de México (Delgado, 2013) muestra la relevancia de tal ejercicio

<sup>7</sup> Ejemplificando, en 2008 el acero contribuyó con el 25% de las emisiones industriales globales, el cemento 19% y el aluminio el 3%; en conjunto, estos tres materiales representaron el 17% de las emisiones relacionadas con el uso total global de energía y de los procesos relacionados de emisión (en: Muller *et al.*, 2013).

aproximativo en tanto que la contabilidad meramente de flujos directos es limitada, cuestión que puede tener implicaciones políticas importantes al sustentar medidas insuficientes. Y es que tan sólo la renovación anual del 1% de la infraestructura de la ciudad es al menos equivalente al 30% de las emisiones directas de la ciudad, sólo del año 2012, es decir, 60% más que lo mitigado por la Ciudad de México en el periodo 2008-2012 (Delgado, 2013). A esas emisiones deben sumarse aquellas indirectas de la producción de alimentos, mismas que sólo para el caso de la carne, leche y huevos asciende a un 25% adicional de la ciudad correspondientes a 2012 (*Ibid.*). Así, las estimaciones de las actuales contribuciones de la ZMVM —y de otras— están clara y fuertemente subestimadas.<sup>8</sup> La figura 2 presenta los flujos de materiales y de energía de entrada, salida y de retorno, así como de conformación del *stock* de la Ciudad de México. Las emisiones indicadas suman tanto las inventariadas como aquellas no incluidas y que han sido antes indicadas.

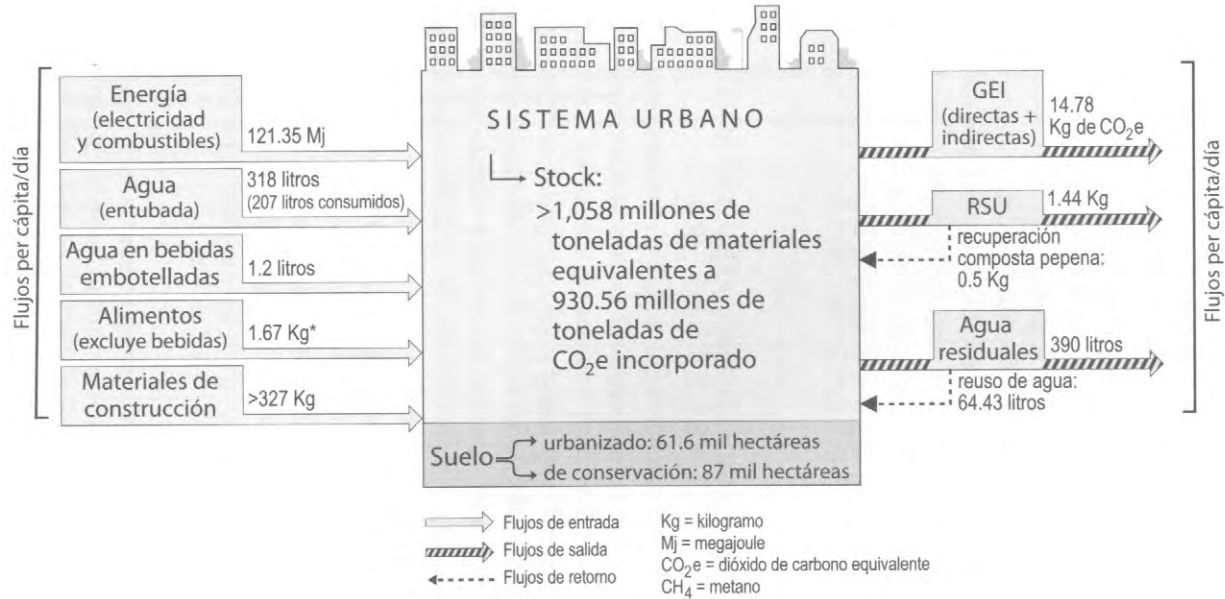
Otros indicadores de (in)sustentabilidad, en cierto sentido de menor complejidad aunque aún así útiles y por tanto que vale la pena mencionar, son la huella ecológica o la huella hídrica en tanto permiten también dar cuenta de las implicaciones del acelerado proceso de urbanización experimentado en las últimas décadas del siglo XX y lo que va del siglo XXI. Así, por un lado, la huella ecológica permite advertir que para abastecerse y absorber sus emisiones, los asentamientos urbanos demandan una superficie territorial varias decenas de veces mayor a sus propias dimensiones, lo que implica que las ciudades se apropien de reservas ecológicas tanto nacionales como internacionales y que pueden o no ser compensadas a nivel de la HE global con las reservas ecológicas nacionales, excepto en el caso de aquellas ciudades de países con *sobregiro ecológico* (cuando la huella ecológica sobrepasa la biocapacidad de los ecosistemas nacionales).

De modo similar, la huella hídrica precisa volúmenes crecientes de consumo directo e indirecto de agua —incluyendo aquella necesaria para asimilar la carga de contaminantes—. El cuadro 2 indica la huella ecológica del consumo y la biocapacidad disponible promedio en *hectáreas globales* (gha) de seis ciudades estudiadas.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Si bien hay otras emisiones indirectas que no son de algún modo contabilizadas en otros sectores (por ejemplo, la electricidad usada en los sistemas de agua que sí es considerada dentro del sector energía como emisión directa), éstas se estiman, comparativamente hablando, de menor peso.

<sup>9</sup> Las hectáreas globales son una unidad de medida común que permite estandarizar distintas superficies terrestres y marinas biológicamente productivas (de pesca, cultivos, pastizales, bosques, superficie construida, de captura de CO<sub>2</sub>e) con la media de bioproductividad mundial para un año dado. La bioproductividad, o producción primaria, es la cantidad y velocidad en la que ocurre la producción de biomasa en un ecosistema durante un periodo de tiempo determinado.

Figura 2. Metabolismo urbano en la Ciudad de México



Nota: no hay captura de CH<sub>4</sub> para la generación de electricidad (hasta el cierre de 2014).

\*Excluye bebidas embotelladas (agua, refresco y cerveza) para evitar doble contabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño gráfico: Angeles Alegre Schettino.



**Cuadro 2. Huella ecológica del consumo y huella hídrica del consumo de algunas ciudades latinoamericanas**

Ciudad	Huella ecológica (millones de gha-2007)	Sobregiro o reserva ecológica (millones de gha-2007)	Veces de superficie de la ciudad demandada en gha-2007 **	Huella hídrica (HH) – millones de m <sup>3</sup> /año (con base en el periodo 1996-2005)***			
				HH Azul	HH verde	HH gris	HH Total
Ciudad de México	26.5 (66*)	13.5 (33.7*)	180 (85*)	1,683 (4,184*)	13,285 (33,025*)	2,537 (6,307*)	17,505 (43,516*)
Sao Paulo	32.9 (58.2*)	68.6 (121.4*)	217 (72*)	796 (1,408*)	20,407 36,087	1,722 3,045	22,925 40,540
Lima (+Callao)	13.2 (14.7*)	19.9 (22.2*)	49.6 (52.4*)	1,305 (1,454*)	6,982 (7,778*)	1,088 (1,212*)	9,375 (10,444*)
Bogotá D. C.	13.6 (18.4*)	15.4 (20.8*)	85 (106*)	487 (656*)	8,187 (11,046*)	1,363 (1,839*)	10,037 (13,543*)
Río de Janeiro	18.4 (32*)	38.5 (66.7*)	152 (56*)	447 (774*)	11,457 (19,848*)	967 (1,675*)	12,871 (22,297*)
Buenos Aires	7.8 (31.2*)	14.7 (58.8*)	384 (81*)	329 (1,319*)	3,971 (15,881*)	521 (2,083*)	4,821 (19,283*)
Caracas DC	6.1 (8.8*)	0.17 (0.24*)	141 (108.9*)	186 (268*)	2,980 (4,282*)	470 (675*)	3,636 (5,225*)
Quito	3 (4.1*)	0.7 (0.9*)	85 (10*)	128 (175*)	1,691 (2,325*)	443 (610*)	2,262 (3,110*)
Montevideo (+Canelones y San José)	6.7 (10*)	6.3 (9.5*)	127 (80.4*)	83 (126*)	2,580 (3,912*)	150 (227*)	2,813 (4,265*)

\* Estimación a escala metropolitana.

\*\* Número de veces de superficie territorial de la ciudad en cuestión que demanda su huella ecológica sin descontar la biocapacidad, ello en tanto que esa superficie también se subordina en otros espacios territoriales a escala nacional.

\*\*\* La huella hídrica se mide por periodos temporales para ajustar desviaciones de datos, sobre todo de huella verde, derivados de periodos de secas o de lluvias abundantes.

Nota: Se considera la biocapacidad per cápita disponible a escala nacional sin considerar la biocapacidad del propio asentamiento urbano que tiende por lo general a ser negativa si se considera la pérdida de suelo de uso de cultivo por el emplazamiento de infraestructura (que es como se considera metodológicamente en el cálculo de la huella). Lo dicho se debe a que el suelo de conservación y zonas verdes siempre tienden a ser la menor parte del territorio de las ciudades y porque su bioproductividad es siempre menor que la de suelos de cultivo. En el caso de sobregiro ecológico nacional (caso de México), es claro que la HE restante se adquiere vía el comercio internacional (en ese caso se trata de 13.3 millones de gha a escala de la ciudad y de 31.5 millones de gha a nivel metropolitano). En el caso de tratarse de países acreedores o con reservas ecológicas a escala nacional, se asume que tales reservas compensan la HE que en efecto se adquiere vía las importaciones.

Fuente: Elaboración propia a partir del método *top-down* derivado de las Cuentas Nacionales de Huella Ecológica (Ewing *et al.*, 2010) y de las Cuentas Nacionales de Huella Hídrica (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

También precisa el promedio de sus huellas hídricas en sus tres dimensiones (azul, verde y gris).<sup>10</sup>

Es de subrayarse que el caso de la Ciudad de México registraba en 1961 una huella ecológica de 8.7 millones de gha que, frente a su biocapacidad promedio disponible en ese año, se ubicaba en condición de superávit ecológico con 7.8 millones de gha. Una situación similar se registra con respecto a la (sobre)explotación de fuentes de agua, cuestión que se aborda con mayor detalle, más adelante, para el caso de la ZMVM, en tanto caso único de la muestra con graves problemas y retos en torno a la disponibilidad, calidad y saneamiento del agua. El caso de Caracas, aunque la huella ecológica per cápita aumentó sólo alrededor de 0.7 gha per cápita de 1961 al 2007, es notoria la dramática pérdida de biocapacidad, del orden de dos terceras partes, pues se pasó de 9.3 gha per cápita en 1961 a 2.89 gha per cápita en 2007.

## LA ECOLOGÍA POLÍTICA DEL METABOLISMO URBANO

El trabajo complejo e interdisciplinar propio del metabolismo urbano toma mayor sentido cuando se hibrida con el análisis de la dimensión económica-política y social, de estructuras de poder y asimetrías espaciales y temporales presentes (modelos extendidos del metabolismo de asentamientos humanos; Zhang, 2013), de ahí que Swyngedouw afirme adecuadamente que los *flujos metabólicos circulatorios* se gestan por medio de conductos sociales y biofísicos, contexto en el que los procesos de desterritorialización y reterritorialización (destrucción y reconstrucción del espacio construido) hoy por hoy sean definidos y estén en función de las posibilidades que tales o cuales espacios territoriales ofrezcan a la acumulación de capital (en Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2005). En ese sentido, la función del territorio, se entiende como el espacio construido impregnado de la lógica o la función para la cual se estructura el territorio y en donde se gestan asimetrías propias de un desarrollo desigual (Harvey, 1996), contradicciones y procesos de resistencia.

<sup>10</sup> La huella hídrica azul refiere al uso consuntivo del agua, incluyendo la que se evapora y que es incorporada al producto o servicio, así como la que no vuelve a la misma zona de flujo o en el mismo periodo temporal (dígase, época de lluvias y de secas). La huella hídrica verde es el agua de lluvia que usualmente se usa en la producción de alimentos. La huella hídrica gris es el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes con base en los estándares de calidad del agua ambiental existentes (léase: Mekonnen y Hoekstra, 2011).

Las resistencias sociales en pugna por un derecho a la ciudad, a una ciudad menos desigual, más sustentable, incluyente, equitativa y solidaria, dan cuerpo así a la denominada ecología política urbana en tanto que la pelea por tal derecho pasa por el derecho a la gestión del propio metabolismo urbano (Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2005).

Así entonces y debido al arraigo de relaciones de poder dominantes, se observa la apropiación desigual de los flujos de energía y materiales, y del *stock* material, ello por medio de relaciones de mercado pero también de ciertas políticas públicas (dígase por ejemplo el gasto en transporte que tiende a privilegiar el de tipo privado muy por encima del público, ello por no hablar de movilidad; al respecto léase Delgado, 2012). El resultado de una capacidad de compra desigual es que las mejores construcciones, los servicios de mayor calidad y el grueso del espacio público, cada vez más privatizado, es adjudicado a los “mejores” consumidores, es decir, a las clases medias y altas, todo al tiempo que las externalidades negativas de la vida urbana tienden a exportarse en la medida de lo posible a los barrios periféricos o fuera de la ciudad (algo desde luego inviable para el caso de la contaminación atmosférica que afecta a la población de zonas geográficas por igual).<sup>11</sup> En el proceso, las cuestiones de clase, género, etnicidad, entre otras, son claramente centrales en términos de la capacidad de movilización de relaciones de poder para definir quién tiene acceso a, o control de, y quién será excluido del acceso a, o el control de los recursos naturales y otros componentes del espacio urbano construido (Heynen, Kaika y Swyngedouw, 2005), incluyendo la imposición de los impactos socioambientales creados.

Desde tal perspectiva, por ejemplo, Delgado (2015) revisa el caso de la ecología política urbana en la ZMVM confirmando que la escasez de recursos no sólo es biofísicamente definida sino socioeconómicamente construida, para lo cual es central ejercer y reproducir cuotas de poder (y dominación) asimétricas entre diversos actores, tanto públicos y privados para con el resto de la sociedad; se trata de formas de control que son, no obstante, socialmente confrontadas de diversa manera y con distintas narrativas. Así, para el caso de la ZMVM, se identifican tres tipologías de conflictos alrededor del acceso, gestión y usufructo del ciclo urbano del agua: a) conflictos derivados por la apropiación de agua en cuencas aledañas a la ciudad; b) conflictos interurbanos por el acceso a agua en cantidad y calidad, y, c) conflictos por afectaciones ambientales y a la salud por descargas de aguas resi-

---

<sup>11</sup> Los efectos no exportables a otros espacios, son, sin embargo, mejor afrontados o en su caso mitigados o neutralizados por aquellos individuos cuyo poder de compra es mucho mayor.

duales o por el uso de éstas para la producción de alimentos *versus* su tratamiento y reincorporación al ciclo urbano del agua (Delgado, 2015). Otros ejercicios similares son los de Kaika y Swyngedouw (2002), Keil (2005) o los recopilados por Heynen, Kaika y Swyngedouw (2005), entre otros.<sup>12</sup>

Lo relevante de hibridar los estudios de metabolismo urbano con la ecología política urbana es que, además de ayudar a calibrar mejor las medidas políticas y de regulación con respecto a las constricciones biofísicas y técnicas/tecnológicas reales o potenciales, también permite politizar el análisis de flujos y de *stock* material-energético, esto es, dando cuenta de la complejidad y diversidad de los procesos sociopolíticos —incluyendo los contestatarios— que en una u otra forma modelan la ciudad. Es en tal sentido que Kaika y Swyngedouw (2002) sostienen que la ciudad puede ser vista como un “híbrido sionatural” compuesto por procesos metabólicos circulatorios heterogéneos.

Por tanto, la perspectiva híbrida en cuestión busca trascender los análisis convencionales al apostar por una visión que abrace la complejidad y dinamismo de los procesos biofísicos, económicos, sociopolíticos e historicoculturales como un todo, ello en tanto que en la práctica modelan la ciudad.

Por todo lo antes descrito, se puede pues afirmar que la cuestión urbana vista desde una visión interdisciplinaria ya se desborda y construye puentes entre diversos campos de conocimiento, muchos de ellos híbridos en sí mismos, tales como la mencionada ecología industrial, la economía ecológica, la ecología urbana y la ecología política. Desde cada interpretación se enfatizan rasgos diversos pero en conjunto se observa cómo ya se conforman lecturas cada vez más complejas en las que hay sinergias entre unos y otros acentos, dígame al tomar nota, tal y como dan cuenta Castán, Allen y Rapoport (2012: 851), de: 1) los flujos de materiales y de energía —así como el *stock*— de las ciudades; 2) de la ciudad como ecosistema; 3) de las relaciones económico-materiales dentro de las ciudades; 4) de las relaciones campo-ciudad y sus impulsores económicos; 5) de la reproducción de las inequidades urbanas, y, 6) de los intentos de darle otros significados a la ciudad a través de visiones novedosas en torno a las relaciones socioecológicas.

En ese sentido, lo que aquí se denomina como *ecología política del metabolismo urbano* se perfila claramente como campo híbrido en construcción que devela que

<sup>12</sup> Cabe precisar que otros autores también abordan la problemática de la ecología política urbana sin necesariamente hacer explícita la dimensión metabólica, no obstante los procesos que analizan por lo general suelen estar directamente vinculados con las dinámicas metabólicas y las asimetrías socioambientales presentes tanto hacia adentro de la ciudad como hacia fuera.

la territorialización urbana y cualquier proceso de transición alternativo no es una cuestión neutral ni libre de las dinámicas termodinámicas y de las constricciones que de ellas se derivan.

## A MODO DE CONCLUSIÓN: EL RETO URBANO Y SUS ALTERNATIVAS

Reconociendo que efectivamente el conjunto de procesos económicos, políticos y socioculturales a diferentes escalas espaciales y temporales, modelan y remodelan el espacio-territorial urbano, sus perfiles metabólicos y sus implicaciones en relación directa con las relaciones imperantes de producción, puede sostenerse que la ecología política del metabolismo urbano, vista en positivo y subjetivamente materializada en la diversidad de movimientos sociales urbanos, puede ser punto de partida hacia imaginarios y prácticas —pacíficas— que, con sentido de pertenencia, posibiliten configuraciones espaciales o tipologías territoriales alternativas, viables, más resilientes y justas. No obstante, no hay un consenso claro en relación con si la ecología política —y consecuentemente la ecología política urbana— tiene entre sus objetivos la construcción de imaginarios puntuales y potenciales prácticas alternativas, aunque desde luego ofrece herramientas sobradas para el análisis del estado de situación, las asimetrías y estructuras de poder imperantes, la identificación de cuestiones o escenarios conflictivos y ciertamente de posibles rutas de solución (lo que no es, estrictamente hablando, lo mismo que construir imaginarios y potenciales prácticas, lo que, entre otras cuestiones, demanda abrazar la memoria histórica, incluyendo la geográfica territorial, así como la diversidad sociocultural y sus implicaciones).

En todo caso, el necesario cambio de paradigma en la construcción, operación y gestión de las ciudades en cualquier parte del mundo deberá ser sin duda imaginativo y propositivo y sobre la base de una activa planeación integral entrópica tanto de las ciudades como de sus espacios rurales y sus áreas de conservación, ya que pensar lo urbano de manera autocontenida no tiene sentido espacial territorial alguno, ni socioeconómica, ni ambientalmente hablando. La suma de múltiples acciones, si parten del mencionado proceso de planeación integral de los territorios y sus usos (incluyendo sus perfiles metabólicos), sugiere tener un mayor impacto al posibilitar sinergias y cobeneficios de diversa índole. Por ello, la tradicional gestión sectorializada ya no es suficiente, viable, ni deseable por mucho más tiempo.

El asunto circunscribe, además de la planeación integral de los usos del suelo, la valoración sobre la pertinencia y viabilidad de nuevas formas de diseño y

construcción de infraestructura, el aprovechamiento de tecnologías genuinamente sustentables, la preservación de los cinturones verdes y la restauración ambiental de la periferia urbana, el cuidado y recuperación de ríos, canales y cuencas de inundación, el estímulo de programas formativos, informativos y de organización, participación y gestión ciudadana, entre otras acciones e instrumentos, que permitan reconvertir las urbes, según la ruta que cada asentamiento se trace acorde con su propia realidad, en espacios cada vez menos devoradores de suelo, materiales y energía, más vivibles, aptos frente al cambio climático y la crisis medioambiental, y socialmente más justos e integradores (Álvarez y Delgado, 2014). Véanse, en la figura 3, las principales tendencias en la literatura acerca de las características clave propias de un asentamiento urbano “bajo” y alto en “carbono” a partir de integrar políticas públicas tanto de “sistemas” urbanos como de planeación espacial.

Para un éxito mayor, el análisis metabólico de los asentamientos urbanos se precisa de manera permanente de tal suerte que se puedan ajustar los instrumentos de política pública (y no meramente de gobierno) y las acciones concretas de múltiples agentes o actores a los cambiantes contextos imperantes y en relación con una tendencia histórica y un futuro socialmente deseable. No basta entonces con pensar el diseño del espacio urbano y de su perfil metabólico, es además nodal la reformulación de su *función* para que sea ésa el desarrollo del sujeto y no la acumulación de capital *per se*; la función es aquí entonces entendida en términos de relaciones sociales de producción y no en términos de zonificación, dígame de usos del suelo (comercial, industrial, residencial, de conservación).

Estamos ante una apuesta que no pasa por meras soluciones tecnológicas o de tipo y diseño de infraestructura, sino de un cambio a fondo de la lógica imperante y por tanto de la naturaleza y deseabilidad de las propias soluciones. Es un contexto en el que, no sobra decirlo, ninguna receta es generalizable aún cuando se reconozcan como deseables ciertas nociones generales (los formatos e imaginarios de ciudad y eventuales soluciones no deben, ni pueden ser siempre estandarizados). Diversas propuestas que hoy día se vienen configurando para la conformación de ciudades “resilientes”, “sustentables”, “bajas en carbono”, “verdes”, etcétera, bien pueden ser en alguna medida útiles, pero en sí mismas no son suficientes si no parten de nuevos paradigmas acerca tanto de la *forma* como de la *función* de los espacios construidos. Ello implica no sólo un profundo rompimiento epistemológico con las ideas dominantes, sino, en el fondo, una apuesta por otras modernidades, emancipadoras, con equidad y libres del yugo del mercado, esto es, un cambio concreto del sistema de producción y reproducción de la humanidad.

Figura 3. Características clave de asentamientos urbanos de bajo y alto carbono

Características			
Planeación espacial	Densidad	Alta	Baja
	Extensión del suelo (forma)	Compacta	Dispersa
	Usos de suelo	Uso mixto con cuidado de espacios verdes y del suelo de conservación periurbano	Mono-uso, degradación de espacios verdes y urbanos y pérdida de suelo de conservación periurbano
	Conectividad (diseño de grano)	Cuadras más pequeñas y equipadas para la promoción del transporte no motorizado	Cuadras grandes, sin espacios y equipamiento para el peatón y bicicleta que promueven el transporte orientado al automóvil privado
	Accesibilidad regional	Cercanía y rapidez entre trabajo y vivienda	Recorridos largos y prolongados entre trabajo y vivienda
	Movilidad / transporte	Modalidades mixtas e integradas de transporte (incluyendo el de carga)	Modos de transporte desarticulados y escasamente regulados, con mayor peso en modalidad motorizada privada
Integración sistémica	Energía	Integración centralizada y descentralizada de energías renovables a diversas escalas. Eficiencia en la producción, transmisión y consumo de energía	Uso continuo e ineficiente de combustibles fósiles, sistemas centralizados de producción de energía eléctrica con pérdidas crecientes en su transmisión
	Residuos	Reducción de la generación de residuos, manejo integrado (incluyendo materiales de construcción) + generación de bioenergía	Inadecuada gestión de los residuos, poco reciclaje y reuso de materiales, liberación de CH <sub>4</sub>
	Agua	Manejo integral de agua (flujos de abastecimiento y residuales)	Manejo ineficiente del agua (bajo tratamiento) sin captura de metano, fugas, equipo ineficiente de bombeo, etc.)
	Allimentos	Distribución y almacenamiento eficiente de alimentos / Dietas bajas en carbono	Desperdicio de alimentos / Dietas altas en carbono
		← Asentamientos de bajo carbono	Asentamientos de alto carbono →

Políticas de mitigación con diferentes escalas temporales y espaciales

Fuente: Elaboración propia.  
Diseño gráfico: Angeles Alegre Schettino.

La configuración del espacio desde una perspectiva nacional alternativa que articule lo urbano y lo rural requiere no sólo de la (re)distribución más equitativa de la riqueza, sino de la reconstitución de la base productiva —en especial la local y nacional—, ahora avocada a la producción de valores de uso para la buena vida y para el consumo interno (cada vez más de tipo local y regional) y, por tanto, alejada de la producción de valores intrínsecamente nocivos y de cualquier planteo de economías de exportación, típicamente extractivas y de enclave.

Se trata de un diseño que además prioriza la soberanía energética y alimentaria y la cobertura total de servicios básicos, incluyendo la salud (fortaleciendo tanto lo preventivo como lo curativo); que desarrolla responsablemente la ciencia y las tecnologías que no contradicen el bien común de la humanidad y el derecho de existencia de otras especies (el valor intrínseco de la naturaleza); que recupera la ciencia no validada bajo los criterios de evaluación imperantes en el actual sistema académico de evaluación por pares, así como los conocimientos tradicionales que resulten útiles en la construcción de imaginarios y soluciones alternativas; que busca modalidades productivas y establece criterios para el uso racional de los recursos; que exige condiciones ambientales óptimas y por consiguiente que respeta estrictamente las fronteras ecológicas; que aboga por la disminución del metabolismo social en especial de parte de los espacios urbanos de países ricos, dígase a partir de hacer prohibitivo todo derroche de energía y materiales, aumentar el tiempo de vida de los productos, e incrementar el reciclaje y reuso de los materiales, entre otras medidas.

Es un panorama en el que la transformación de los territorios a escala de lo local requiere del resurgimiento de los valores territoriales a esa escala, esto es, a decir de Magnaghi (en: Palacio, 2012), las identidades del lugar, en especial aquellas de larga duración y las prácticas cotidianas, todo con el objeto de favorecer —precisa—, la reterritorialización del “desarrollo”, este último pensado en términos genuinamente alternativos. Lo dicho, en efecto, obliga a imaginar colectivamente procesos y acciones de transición y de cambio de paradigma dando cuenta de la viabilidad en el corto y mediano plazo, y, para cada caso y contexto específico, pero incluso también a replantear las relaciones de poder —o de gestión— más adecuadas para ello, un asunto que precisaría toda una nueva institucionalidad y normatividad para el bien común. En este tenor, la construcción de alternativas genuinas y caminos de transición no puede ser más que producto de un ejercicio de coproducción de conocimiento, complejo e interdisciplinar, de ciencia reflexiva (Ungar y Strand, 2005) y, sobre todo, altamente participativa (Funtowicz y Strand, 2007a y 2007b).



## REFERENCIAS

- Álvarez Enríquez, Lucía y Delgado Ramos, Gian Carlo (2014). Ciudades, gestión territorio y ambiente. *Interdisciplina. Revista del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades*, vol. 2, núm. 2, enero-abril. UNAM, México.
- Angel S., J. Parent, D.L. Civco, A. Blei y D. Potere (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000-2050. *Progress in Planning*, 75: 53-107.
- Ayres, Robert (1994). Industrial metabolism: Theory and policy. En: Ayres, R. y Simonis, U.K. (eds.), *Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development*. Tokyo, Japón: United Nations University Press: 3-20.
- Baccini, P., y Brunner, P. (1990). *Metabolism of the anthroposphere*, 1a ed. Cambridge, MA. / Londres: MIT Press.
- Baccini, P., y Brunner, P. (2012). *Metabolism of the anthroposphere*, 2a ed. Cambridge, MA. / Londres: MIT Press.
- Barles, Sabine (2009). Urban metabolism of Paris and its region. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 13, núm. 6: 898-913.
- Barles, Sabine (2007). Feeding the city: Food consumption and flow of nitrogen. París 1801-1914. *Science of the Total Environment*, vol. 375, núm. 1-3: 48-58.
- Brunner, Paul y Rechberger, Helmut (2005). *Practical handbook of material flow analysis*. Florida, EUA: Lewis Publishers.
- Castán Broto, Vanesa., Allen, Adriana y Rapoport, Elizabeth (2012). Interdisciplinary perspectives on urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, núm. 6: 851-861.
- CONAPO – Consejo Nacional de Población (2012). *Catálogo. Sistema Urbano Nacional 2012*. Gobierno Federal .México.
- Daiber, Birgit y Houtart, François (eds.) (2012). *Un paradigma poscapitalista: el bien común de la humanidad*. Panamá/Cuba: Ruth Casa Editorial.
- Delgado-Ramos, Gian Carlo (2013). Climate change and metabolic dynamics in Latin American major cities. En Zubir, S.S. y Brebbia, C.A. (eds.), *Sustainable City VIII. Urban regeneration and sustainability*. Reino Unido: WIT Press. Southampton: 39 -56.
- Delgado-Ramos, Gian Carlo., Campos Chávez, Cristina., y Rentería Juárez, Patricia (2012). Cambio climático y el metabolismo urbano de las megaurbes latinoamericanas. *Hábitat Sustentable*, vol. 2, núm. 1: 2-25. Santiago de Chile, Chile.
- Delgado-Ramos, Gian Carlo (2011). *Imperialismo tecnológico y desarrollo en América Latina*. La Habana / Panamá: Ruth Casa Editorial.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (coord.) (2012). *Transporte, ciudad y cambio climático*. México: CEIICH-UNAM.

- Delgado-Ramos, Gian Carlo (coord.) (2014). *Buena Vida, Buen Vivir: imaginarios alternativos para el bien común de la humanidad*. México: CEIICH, UNAM.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (2015). Water and the political ecology of urban metabolism: The case of Mexico City. *Journal of Political Ecology*, vol. 22: 98-114. ISSN: 1073-0451.
- Davis, M. (2006). *Planet of slums*. Londres-Nueva York: Versus.
- Díaz Álvarez, C.J. (2011). *Metabolismo de la ciudad de Bogotá: una herramienta para el análisis de la sostenibilidad ambiental urbana*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Ewing, B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., y Wackernagel, M. (2010). *The Ecological Footprint Atlas 2010*. Global Footprint Network. Oakland, California, EUA.
- Færgé, Jenas, Magid, Jakob, y Penning de Vries, Frits.W.T. (2001). Urban nutrient balance for Bangkok. *Ecological Modelling*, vol. 139, núm. 1: 63-74.
- Forkes, Jennifer (2007). Nitrogen balance for the urban food metabolism of Toronto, Canada." *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 52, núm. 1: 74-94.
- Funtowicz, Silvio y Strand, Roger (2007a). De la demostración experta al diálogo participativo. *Revista CTS*, núm. 8, vol. 4: 97-113.
- Funtowicz, Silvio y Strand, Roger (2007b). Models of Science and Policy. En Traavik, T. y Lim, L.C. (eds.), *Biosafety first – Holistic approaches to risk and uncertainty in genetic engineering and genetically modified organisms*. Trondheim, Noruega: Tapir Academic Press.
- Gandy, Matthew (2004). Rethinking urban metabolism: Water, space and the modern city. *City*, vol. 8, núm. 3: 364-379.
- Haberl, Helmut (1997). Human appropriation of net primary production as an environmental indicator: Implications for sustainable development. *Ambio*, vol. 26, núm. 3: 143-146.
- Haberl, Helmut (2001). The energetic metabolism of societies: Part I: Accounting concepts. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 5, núm. 1: 11-33.
- Hanya, T., y Ambe, Y. (1976). A study on the metabolism of cities. En *Science for a better environment: Proceedings of the International Congress on the Human Environment*. Tokyo, Japón: 228-233.
- Harvey, David (1996). *Justice, nature and geography of difference*. Oxford, Reino Unido: Blackwell.
- Hermanowicz, Slawomir W, Asano, Takashi (1999). Abel Wolman's 'The Metabolism of Cities' re-visited: A case for water recycling and reuse. *Water Science & Technology*, vol. 40, núm. 4-5: 29-36.
- Heynen, N., Kaika, M., y Swyngedouw, E., M. (2005). Urban political ecology – politicising the production of urban natures. En *in the nature of cities – Urban political ecology and the politics of urban metabolism*. Londres, Reino Unido: Routledge.

- Huang, Shu-Li (1998). Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis. *Journal of Environmental Management*, 52: 39-51.
- INECC (2012). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. INECC-SEMARNAT. México.
- Kaika, Maria y Swynghedouw, Erik (2002). Fetishizing the modern city: The phantasmagoria of urban technological networks. *Urban and Regional Research*, vol. 24, núm. 1: 120-138.
- Keil, Roger (2005). Progress report – Urban political ecology. *Urban Geography*, núm. 7, vol. 26: 640-651.
- Kennedy, C., Cuddihy, J., y Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2): 43-59.
- Kennedy, C., Steinberg, J., Gasson, B., Hansen, Yvone., Hillman, Timothy., Havránek, M., Pataki, D., Phdungsilp, A., Ramaswami, Anu y Villalba Méndez, G. (2009). Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities. *Energy Policy*, vol. 38: 4828-4837. Elsevier.
- Intendencia de Montevideo (2009). *Informe Ambiental de Montevideo – 2009*. Montevideo, Uruguay.
- Intendencia de Montevideo (2013). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2006-2008-2010*. Montevideo. Montevideo, Uruguay.
- Jiménez, Mayerling (2012). Alcaldía de Caracas recolectó 939 mil toneladas de desechos sólidos en 2011. *Radio Mundial*. Venezuela. En línea [19/08/14]; <<http://www.radiomundial.com.ve/article/alcald%C3%AD-de-caracas-recolect%C3%B3-939-mil-toneladas-de-desechos-s%C3%B3lidos-en-2011>>.
- Kennedy, C., Pinceti, S., y Bunje, P. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, vol. 159, núms. 8-9: 1965-1973.
- Leach, M.A., Bauen, A., y Lucas, NJD (1997). A Systems approach to materials flow in sustainable cities: A case study of paper. *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 40, núm. 6: 705-723.
- Lefebvre, H. (1976). *The survival of capitalism: Reproduction of the relations of production*. Londres, Reino Unido: Allison & Busby.
- Lehmann, Steffen (2011). Optimizing urban material flows and waste streams in urban development through Principles of Zero Waste and Sustainable Consumption. *Sustainability*, vol. 3, núm. 1: 155-183.
- Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. (2011). *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Value of Water Research Report Series núm. 50, UNESCO-IHE, Delft, Holanda.

- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2005). *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela*. República Bolivariana de Venezuela / GEF. En línea [20/8/14]: <<http://unfccc.int/resource/docs/natc/vennc01.pdf>>.
- Minx, Jan., Creutzig, Felix., Medinger, Verena., Ziegler, Tina., Owen, Anne., y Baiocchi, Giovanni (2010). *Developing a pragmatic approach to assess urban metabolism in Europe. A report to the European Environment Agency*. Stockholm Environment Institute / Universidad Técnica de Berlín.
- Müller, Daniel B. *et al.* (2013). Carbon emissions of infrastructure development. *Environmental Science & Technology*, vol. 47: 11739-11746.
- Mumford, L. (1961). *The city in History: Its origins, its transformations and its prospects*. Nueva York, Estados Unidos: Harcourt, Brace & World.
- Naciones Unidas (2014). *World Urbanization Prospects, The 2014 Revision*. The Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations.
- Naciones Unidas (2011). *World Urbanization Prospects, The 2011 Revision*. The Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations.
- Newcombe, Ken, Kalma, Jetse D., y Aston, Alan R. (1978). The metabolism of a city: The case of Hong Kong. *AMBIO Journal of the Human Environment*, vol. 7, núm. 3: 3-15.
- Palacio Tamayo, Dolly Cristina (2012). Reseña de 'El proyecto local' de Alberto Magnaghi. *Territorios*, núm. 26: 135-143. Universidad del Rosario. Colombia.
- SEDAPAL (2013). *Plan Estratégico de Tecnologías de la Información y Comunicaciones 2009 - 2013*. En línea [20/08/14]: <[www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=fc3823d4-59b2-4b7d-aec0-35ca798b2e9e](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=fc3823d4-59b2-4b7d-aec0-35ca798b2e9e)>.
- Seifert, Reinhard (2009). *Análisis de la situación del agua (cantidad y residual) en Lima Metropolitana*. Proyecto LiWa/Zirn-SEDAPAL. Lima, Perú. En línea [20/08/14]: [http://www.lima-water.de/documents/rseifert\\_studie.pdf](http://www.lima-water.de/documents/rseifert_studie.pdf)>.
- Seto *et al.* (2014). Human settlements, infrastructure and spatial planning. En *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Reino Unido / Nueva York, EUA: Cambridge University Press.
- SMA-DF-Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (2012). *Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2010*. Gobierno del Distrito Federal. México.
- Thériault, Julie, Laroche, Anne-Marie (2009). Evaluation of the urban hydrologic metabolism of the Greater Moncton region, New Brunswick. *Canadian Water Resources Journal*, vol. 34, núm. 3: 255-268.
- Toledo, Victor M., Alarcón-Cháires, Pablo., Barón, Lourdes (2009). Revisualizar lo rural desde una perspectiva multidisciplinaria. *Polis. Revista de la Universidad Bolivariana*, vol. 8, núm. 22: 329-345. En línea: <[www.scielo.cl/pdf/polis/v8n22/art19.pdf](http://www.scielo.cl/pdf/polis/v8n22/art19.pdf)>.

- UN-HABITAT (2009). *Planning sustainable cities. Global report on human settlements 2009*. Londres, Reino Unido: Earthscan.
- Ungar, Paula y Strand, Roger (2005). Complejidad: una reflexión desde la ciencia de la conservación. *Nómadas*, núm. 22: 36-46. Universidad Central de Colombia. Colombia.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3): 179-190.
- Zhang, Y. (2013). Urban metabolism: A review of research methodologies. *Environmental Pollution*, núm. 178: 463-473.
- Zucchetto, J. (1975). Energy, economic theory and mathematical models for combining the systems of man and nature. Case study, the urban region of Miami. *Ecological Modelling*, 1: 241-268.

**PARTE III**  
**CAMBIO CLIMÁTICO, RECURSOS Y SALUD**

---

# CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO: IMPACTOS ESPERADOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA

Agustín Robles Morua\* y Jaime Garatuza Payan\*

## INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones fundamentales del cambio climático a nivel global son los impactos que habrá en la disponibilidad de agua para todos los usos. Varios estudios han cuantificado a nivel mundial el nivel de estrés que ejercemos sobre los recursos hídricos y los han vinculado con el cambio climático y con el crecimiento poblacional (Vörösmarty *et al.*, 2000, 2010; Wada *et al.*, 2011). Dichos estudios comúnmente utilizan indicadores basados en la relación entre la demanda y la disponibilidad del agua para determinar qué regiones se encuentran más vulnerables. De manera general, se han estimado estos impactos a nivel mundial y regional. Sin embargo, dichas predicciones son difíciles de utilizar a escalas espaciales menores, pues por haber sido elaboradas a escalas muy grandes no permiten elaborar estrategias de adaptación específicas para una región (Bates *et al.*, 2008).

Para evaluar los posibles impactos del cambio climático en la disponibilidad del agua es necesario entender las relaciones que existen entre las distintas variables que afectan la demanda y a la disponibilidad del agua. Moss *et al.* (2010) proponen un esquema secuencial para poder entender los impactos el cambio climático (figura 1). De acuerdo con este esquema, es importante tomar en cuenta escenarios socioeconómicos y de generación de gases de efecto invernadero (GEI), métodos de recirculación radiativa y modelos climáticos de distintas variables atmosféricas antes de poder llegar a evaluar los impactos y proponer estrategias de adaptación y mitigación.

---

\* Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora.

Figura 1. Esquema secuencial que describe la cadena de causas y consecuencias antropogénicas del cambio climático



Fuente: El desarrollo de escenarios utilizando esta secuencia fue adaptada a partir de Moss *et al.* (2010).

A lo largo de las últimas dos décadas el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) ha elaborado reportes técnicos donde se han acoplado distintos tipos de modelos climáticos. Sin embargo, a pesar de los avances en la predicción del clima global y en el entendimiento de sus interacciones con fenómenos climatológicos regionales, la gran mayoría de los modelos climáticos tienen limitaciones en su capacidad de predecir confiablemente la magnitud, los tiempos y la distribución regional de cambios climáticos. Esto ha ocasionado que un gran número de grupos de investigación de distintas partes del mundo estudien las relaciones atmosféricas globales con fenómenos meteorológicos regionales y, a su vez, las implicaciones en el ciclo hidrológico. Varios grupos han desarrollado y aplicado técnicas estadísticas y modelos numéricos (computacionales) para aminorar las limitaciones de los Modelos de Circulación Global (GCMs). También han utilizado herramientas de modelación que acoplan las predicciones de variabilidad en el clima con modelos hidrológicos que nos permiten predecir cambios en variables que afectan el ciclo hidrológico (esto es, escurrimientos, recarga subterráneas, evapotranspiración). Comúnmente se han acoplado resultados de los GCMs a modelos regionales mediante los cuales se simulan las condiciones climáticas futuras bajo distintos escenarios de cambio climático (i.e. emisiones de gases de efecto invernadero). Dichas predicciones rescaladas (estadísticamente o mediante modelos climáticos numéricos como el Weather and Research Forecasting Model-WRF) de variables climáticas (como precipitación, radiación solar, temperatura,



presión atmosférica, velocidad de viento, etc.) son incorporados a modelos hidrológicos superficiales y subterráneos que nos permiten evaluar cambios en la disponibilidad del agua.

A partir del quinto reporte emitido a finales del 2013 (AR5), el IPCC ha tomado en consideración una secuencia como la sugerida por Moss *et al.* (2010). En dicho reporte, se adoptaron cuatro trayectorias representativas de concentraciones (RCPs 2.6, 4.5, 6 y 8) para describir las predicciones del clima del futuro. Dichas trayectorias dependen de la cantidad de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera. De dichas trayectorias (RCPs), se consideraron cuatro escenarios basados en los rangos de forzamientos radiativos estimados para el año 2100 con referencia en los valores preindustriales (Christensen *et al.*, 2013). Como concepto general, un forzamiento radiativo se entiende como cualquier cambio en la radiación (calor medido en Watt por m<sup>2</sup>) entrante o saliente de un sistema climático, donde los cambios positivos tienden a calentar el sistema y los cambios negativos lo enfrían. Además, en el reporte AR5 del IPCC se incluyeron, por primera vez, una lista de temas de interés particular entre los que destacan los relacionados con cambios esperados en el ciclo hidrológico, los sistemas monzón del planeta, las tormentas tropicales, la oscilación el Niño(a) y la oscilación decadal del pacífico, entre otros.

En México, los impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua no han sido estudiados cuantitativamente. Por lo tanto, en este capítulo analizaremos las implicaciones de los temas planteados en el reporte AR5 y lo que significan para México. Se complementarán los resultados del reporte AR5 con ejemplos de estudios especializados donde se rescalaron modelos climáticos a nivel regional para poder realizar predicciones climáticas en distintas regiones del país. En este sentido, el objetivo de este capítulo es presentar, de manera resumida, las implicaciones en la disponibilidad del agua que habrá en México a partir de las recientes predicciones del IPCC y de los estudios climatológicos disponibles para nuestro país.

## EL CLIMA A NIVEL GLOBAL

En los últimos dos reportes del IPCC (AR4 y AR5, IPCC, 2007 y 2013) se incluyeron variables para evaluar los cambios en el ciclo hidrológico. Las proyecciones al futuro cercano (2016-2035) de la precipitación media global indican, con certeza alta, incrementos en las latitudes altas y en algunas latitudes medianas. Además indican, con una alta certeza, que no habrá disminuciones en las regiones sub-

tropicales (IPCC, 2013). A escalas más regionales, los cambios en la precipitación serán influenciados altamente por las emisiones de aerosoles antropogénicos y por la variabilidad natural intrínseca de cada región (figura 2). Los cambios en la evaporación a nivel global proyectados al futuro cercano son principalmente positivos con los mayores cambios esperados en las latitudes altas del norte, las cuales coinciden con las proyecciones de los mayores incrementos en la temperatura para esas regiones (figura 3).

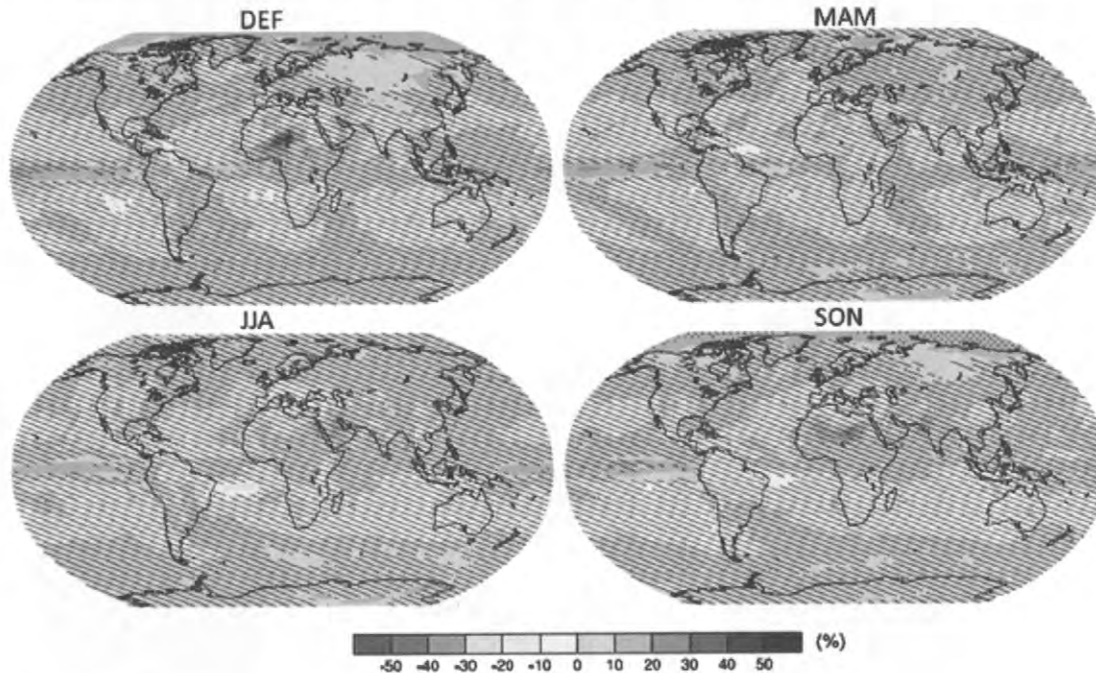
Los cambios proyectados en la diferencia entre la evaporación menos la precipitación ( $E-P$ ) indican que en las regiones de latitudes altas del norte y en los trópicos, los cambios serán principalmente negativos a raíz de los incrementos esperados en la precipitación. Se espera que la diferencia ( $E-P$ ), tanto en las regiones subtropicales como en la parte oeste de Australia y las regiones centrales y occidentales de Estados Unidos, mostrarán cambios positivos. Sin embargo, en estas últimas regiones los cambios son mucho más pequeños que la variabilidad interna del clima en dichos sitios (IPCC, 2013) (figura 3).

Las proyecciones de la humedad de suelo (en los 10 cm superficiales) indican reducciones en la mayoría de las regiones subtropicales e incrementos en las regiones de latitudes medias-altas. Igualmente, los escurrimientos que están muy vinculados con la humedad de suelo están proyectados a sufrir reducciones en las regiones de África del Norte, Australia occidental, así como en las regiones del sur y suroeste de Estados Unidos. Únicamente se proyectan incrementos en escurrimientos para las regiones occidentales de África y la parte sureste de Sudamérica. Es importante mencionar que para las variables de humedad de suelo y escurrimientos, las proyecciones utilizaron modelos muy simplificados y, por lo tanto, tienen grados muy altos de incertidumbre. Los cambios esperados en la humedad específica cercana a la superficie son mayormente positivos, con los mayores cambios esperados en las latitudes altas del norte (consistente con incrementos de temperatura). En comparación, los cambios proyectados en la humedad relativa son decrementos muy pequeños.

## SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN MÉXICO

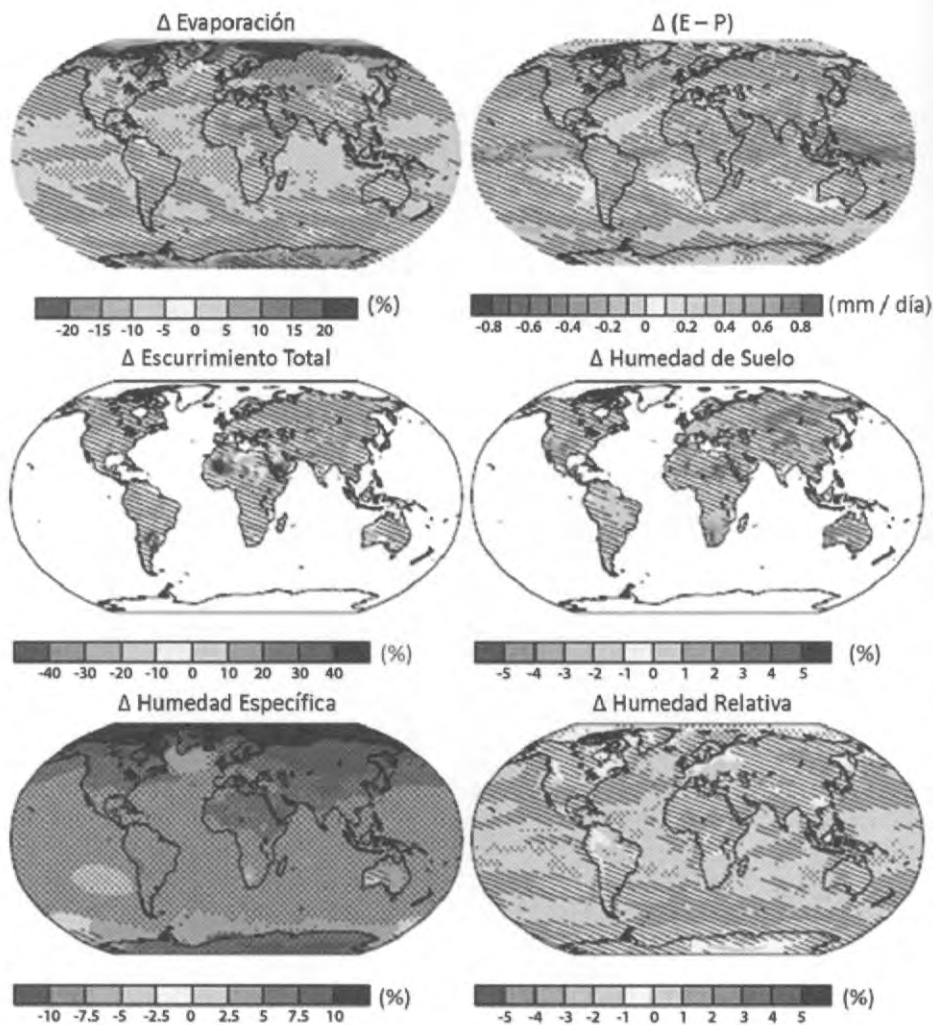
En México, los niveles de estrés hídricos oficiales son cuantificados y publicados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del portal del Atlas del Agua. La CONAGUA estima el grado de presión sobre los recursos hídricos utilizando una métrica que se determina a partir del volumen total de agua concesionado para uso

**Figura 2.** Cambios estacionales proyectados para la precipitación para el periodo 2016-2035 en relación con las observaciones del periodo de 1986-2005 bajo el escenario RCP 4.5 para el año 2100 para: a) DEF (diciembre-enero-febrero); b) JJA (junio-julio-agosto); c) MAM (marzo-abril-mayo); d) SON (septiembre-octubre-noviembre)



Fuente: Basada en la figura 11.12 del IPCC (2013).

**Figura 3.** Cambios anuales proyectados para el ciclo hidrológico global para el periodo 2016-2035 en relación con las observaciones del periodo de 1986-2005 bajo el escenario representativo de las rutas de concentración radiativas a 4.5 Watts por metro cuadrado para el año 2100 para: a) evaporación (%); b) evaporación menos precipitación (E-P, mm día<sup>-1</sup>); c) escurrimiento total (%); d) humedad de suelo a 10 cm del nivel del suelo (%); e) cambio en la humedad específica (%), y f) cambio en la humedad relativa (%)



Fuente: Basada en la figura 11.14 del IPCC (2013).

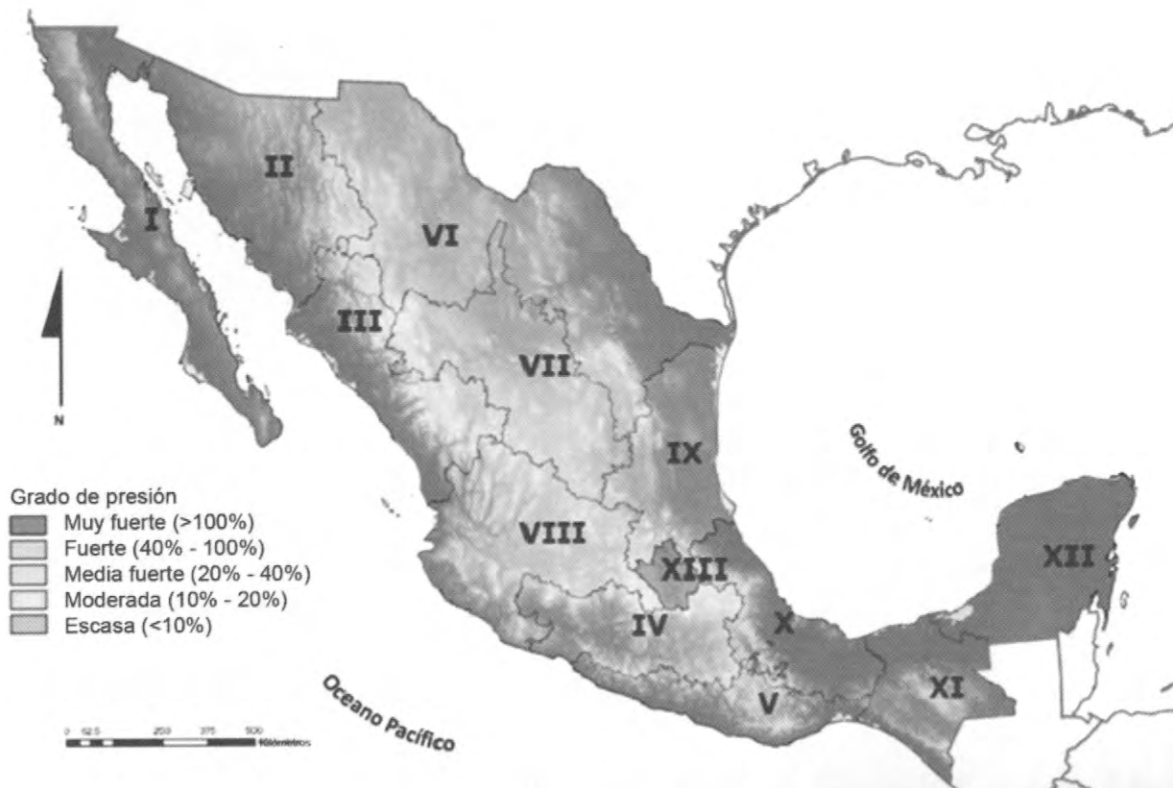
consuntivo y la disponibilidad natural media del agua en cada región hidrológica (Atlas Digital del Agua México, 2012). La CONAGUA considera que si el porcentaje de estrés hídrico es mayor al 40% se está ejerciendo una presión muy fuerte sobre el agua. Actualmente, se estima que, a nivel nacional, México tiene un grado de estrés hídrico de alrededor del 17% (figura 4 y tabla 1). Sin embargo, distintas regiones del país tienen un nivel de estrés hídrico mayor que otras. Por ejemplo, las regiones hidrológicas administrativas del Valle de México y de la región noroeste tienen índices de estrés de 133% y 89%, respectivamente (tabla 1).

Los impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua no han sido estudiados cuantitativamente en México, por lo que es necesario interpretar estudios a nivel global o a escalas regionales cercanas a nuestro país. En el reporte AR5 del IPCC se incluyeron en los temas de interés los impactos esperados en las regiones con influencia por sistemas de monzón. Gran parte del territorio Mexicano es altamente influido por el Sistema del Monzón Norteamericano (NAMS).

## CAMBIOS ESPERADOS EN LA CLIMATOLOGÍA PARA MÉXICO

El clima para Norte América (incluido México, véase la figura 5) se verá afectado por cambios en los siguientes fenómenos climatológicos: 1) la Oscilación del Atlántico del Norte (NAO); 2) la Oscilación del Sur el Niño (ENSO); 3) el patrón del Pacífico-Norte (PNA); 4) la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO); 5) sistema del Monzón de Norte América (NAMS); 6) ciclones tropicales (TCs), y, 7) ciclones extra tropicales (ETCs). El NAO afecta principalmente la temperatura y la precipitación durante los inviernos sobre la parte este de Norte América. Un cambio positivo en el PNA trae consigo temperaturas más calientes hacia las regiones del norte y noroeste, así como temperaturas más heladas para las regiones del sureste y condiciones más secas para la región del este. EL PNA también puede ser activado por medio de las anomalías en las temperaturas superficiales de los océanos ocasionadas por el ENSO. En ese sentido, el PDO está vinculado con estas dos previas anomalías y se comporta muy similar al PNA. EL NAMS trae consigo un exceso de precipitación de Centroamérica y de México hacia la parte suroeste de Estados Unidos. Los ciclones tropicales (TCs) y extra tropicales impactan las costas del Golfo de México y la parte este de Estados Unidos, así como la parte del Pacífico durante el otoño. La tabla 2 muestra el resumen de los cambios esperados para la región de norte y parte de Centro América. Similarmente, la figura 5 muestra los cambios esperados en la precipitación para el futuro lejano (2080-2099).

Figura 4. Mapa de estrés hídrico para cada una de las regiones hidrológicas administrativas de México



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica (2010).

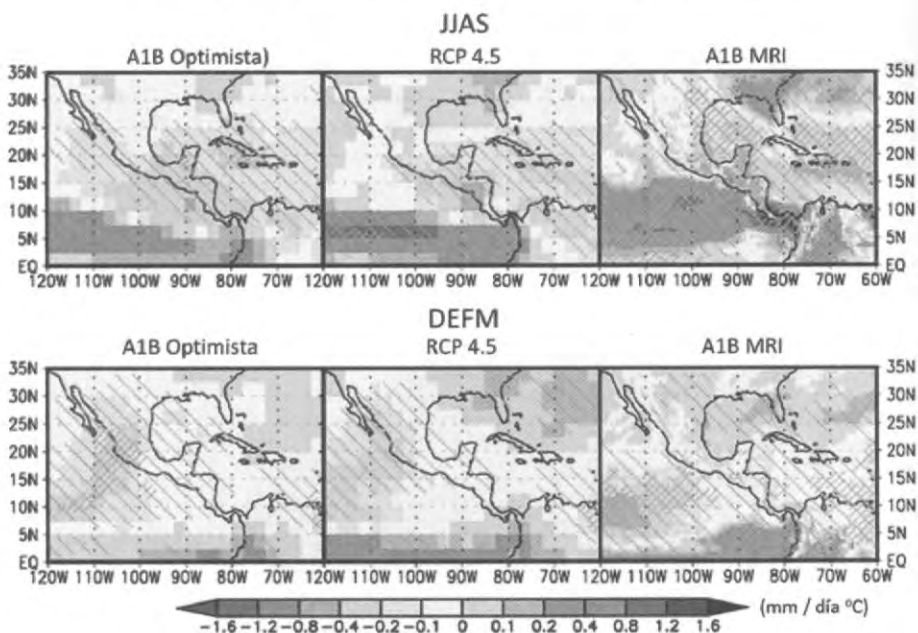
**Tabla 1.** Grado de presión sobre el recurso hídrico, por región hidrológico administrativa, volúmenes oficiales concesionados y de disponibilidad de agua en México

No.	Región hidrológico administrativa	Volumen total de agua concesionado* (Millones de m <sup>3</sup> /año)	Disponibilidad natural media (Millones de m <sup>3</sup> /año)	Grado de presión sobre el recurso hídrico (%)	Clasificación del grado de presión
I	Península de Baja California	3 859.3	5 021	76.86	Fuerte
II	Noroeste	7 292.3	8 231	88.6	Fuerte
III	Pacífico Norte	10 531.3	25 917	40.64	Fuerte
IV	Balsas	10 328.3	21 991	46.97	Fuerte
V	Pacífico Sur	1 533.1	32 683	4.69	Escasa
VI	Río Bravo	9 223.8	13 022	70.83	Fuerte
VII	Cuencas Centrales del Norte	3 689.9	8 163	45.2	Fuerte
VIII	Lerma Santiago Pacífico	14 581.3	34 348	42.45	Fuerte
IX	Golfo Norte	4 855.4	26 604	18.25	Moderada
X	Golfo Centro	4 720.4	94 089	5.02	Escasa
XI	Frontera Sur	2 169.3	159 404	1.36	Escasa
XII	Península de Yucatán	2 843.8	29 596	9.61	Escasa
XIII	Valle de México	4 671.8	3 515	132.91	Muy fuerte
	Total	80 300.0	462 583	17.36	Moderada

\* Volumen concesionado para uso consuntivo a mayo de 2011.

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica (2010).

Figura 5. Mapa de los cambios en la precipitación proyectados para México, Centro América y El Caribe para el periodo futuro de 2080-2099



Nota: En relación con los datos históricos observados de 1986-2005 basados en el reporte especial de escenarios de emisión del IPCC (SRES). Los veranos se muestran en la parte superior (JJA-junio-julio-agosto-septiembre) y los inviernos en la parte inferior (DJFM-diciembre-enero-febrero-marzo). Para cada periodo, se presentan las proyecciones con tres escenarios de cambio climático. El panel izquierdo (A1B Optimista) describe un escenario que está basado en un mundo futuro con un crecimiento muy acelerado de la economía, la población mundial que llega al máximo crecimiento a mediados del siglo y se asume que existe una implementación muy rápida de nuevas y más eficientes tecnologías de uso de energéticos. El panel del centro (RCP 4.5) presenta escenarios basados en un incremento de 4.5 Watt / m<sup>2</sup> de las trayectorias representativas de concentraciones (RCPs) de gases de efecto invernadero. Este escenario considera una estabilización de las GEI en aproximadamente 650 ppm de CO<sub>2</sub>-equivalente. El Panel de la derecha (A1B MRI) presenta el escenario A1B utilizando una mayor resolución espacial (~60km) y el modelo atmosférico de circulación general del Instituto de Investigación Meteorológica de Japón.

Fuente: Basada en la figura 14.19 del IPCC (2013).



**Tabla 2.** Cambios regionales observados en un rango de indicadores climáticos a partir observaciones que datan desde mediados del siglo XX

Región	Días calientes <sup>a</sup>	Días helados <sup>b</sup>	Noches calientes <sup>c</sup>	Noches heladas <sup>d</sup>	Ondas de calor/episodios de calor extremo <sup>e</sup>	Participación extrema <sup>f</sup>	Episodios secos/sequía <sup>g</sup>
América del Norte y Central	* Nivel de confianza en datos: ALTO * Se espera un probable en toda la región pero existen patrones de variación espaciales.	* Nivel de confianza en datos: ALTO * Se espera un decremento muy probable en toda la región pero existen patrones de variación espaciales.	* Nivel de confianza en datos: ALTO * Se espera un incremento muy probable en toda la región.	* Nivel de confianza en datos: ALTO * Se espera un decremento muy probable en toda la región.	* Nivel de confianza en datos: MEDIO * Se esperan incrementos en la mayoría de la región. Existe sesgo por falta de observaciones.	* Nivel de confianza en datos: ALTA * Se esperan incrementos altamente probables en la mayoría de la región con algunas variaciones espaciales.	* Nivel de confianza en datos: MEDIO * Se esperan decrementos probables en la mayoría de la región con algunas variaciones espaciales.

<sup>a</sup> Días (o fracción del tiempo) cuando la temperatura máxima diaria excede el 90th percentil.

<sup>b</sup> Días (o fracción del tiempo) cuando la temperatura mínima diaria es menor al 10th percentil.

<sup>c</sup> Días (o fracción del tiempo) cuando la temperatura mínima diaria excede el 90th percentil y cuando la frecuencia de la temperatura mínima diaria excede 20°C

<sup>d</sup> Días (o fracción del tiempo) cuando la temperatura mínima diaria es menor al 10th percentil y cuando la frecuencia de la temperatura mínima diaria excede 0°C

<sup>e</sup> Se definieron los periodos multi-días de calor extremo en relación con las temperaturas máximas y mínimas (o ambas) arriba de un percentil alto (>90th) observados durante el periodo histórico.

<sup>f</sup> Precipitación de días muy lluviosos. Se considera la precipitación máxima diaria en periodos de tiempo que excedían el 95th y 99th percentil.

<sup>g</sup> Número de días consecutivos secos, donde la precipitación es menor a 1 mm.

Fuente: Las evaluaciones están basadas en un rango de estudios globales reportados en el IPCC (2013).

## IMPACTOS ESPERADOS EN EL SISTEMA DEL MONZÓN DE NORTE AMÉRICA

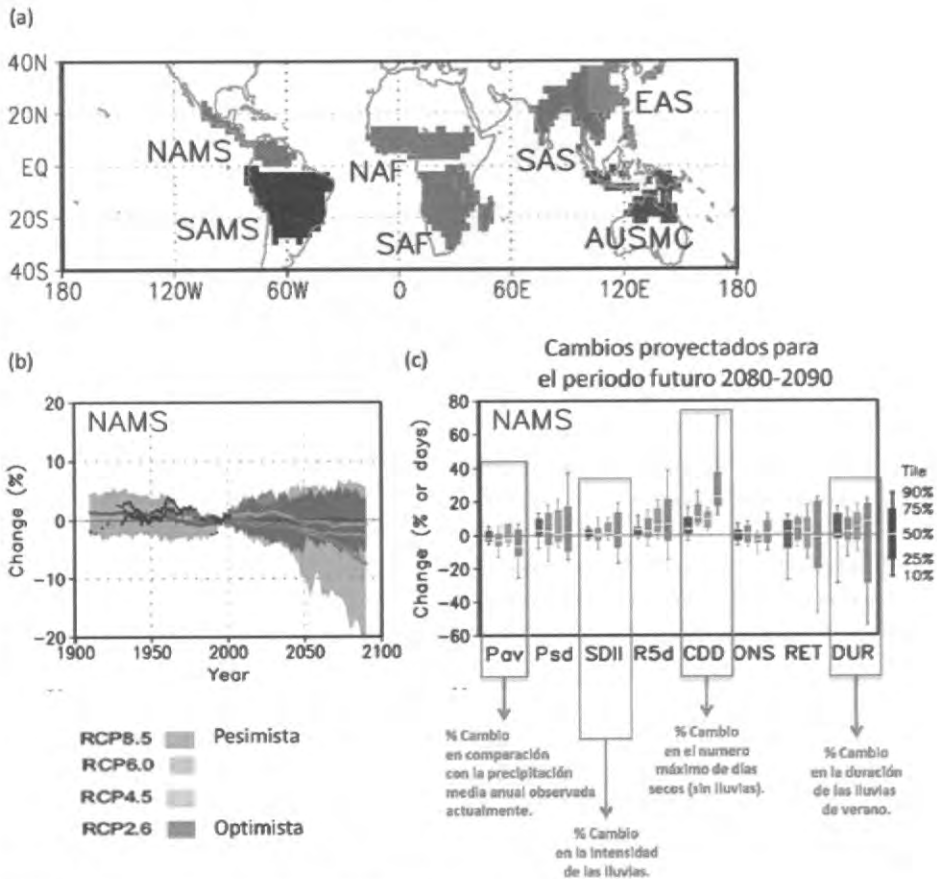
Los cambios esperados en la precipitación (figura 5) para gran parte de México y Centro América en el futuro lejano (2080-2099) nos indican que la precipitación experimentará reducciones entre 0.1 y 0.8 mm /día. Esta región se verá afectada por los fenómenos mencionados en la sección previa y, además, por los ciclones tropicales intercontinentales (ITCZ). Sin embargo, los fenómenos que influyen mayormente en la variabilidad climática de nuestro país son el Sistema del Monzón

Norteamericano (NAMS) y las oscilaciones del(a) Niño(a). Se espera que la precipitación que ocurre durante los veranos en gran parte del país (principalmente en la región noroeste) será altamente influida por el NAMS (figura 6a). Las reducciones en precipitación se esperan que ocurran mayormente en los últimos 20 años del siglo XXI (2080-2100), donde la precipitación en la región del monzón mexicano se debilitará hasta en un 20% durante el invierno, otoño y verano (figura 6b).

En las regiones de mayor influencia del NAMS durante los últimos 50 años (datos observados) no se han logrado distinguir patrones definitivos en la precipitación (Anderson *et al.* 2010; Arriaga-Ramírez y Cavazos, 2010). Se han observado patrones que se compensan unos a otros ocasionando que los volúmenes totales de precipitación no hayan cambiado mucho (no hay un patrón claro de aumento o disminución). Sin embargo, sí se han observado patrones de aumento en la intensidad de la precipitación, disminuciones en la frecuencia de eventos de lluvia, así como una disminución en la duración de los periodos del NAMS (figura 6c). Se ha observado un patrón sistemático de retardo en el inicio del periodo de lluvias de verano, en el día de mayor precipitación y en la fecha de terminación del periodo de lluvias (Gochis *et al.*, 2007). Únicamente se han identificado patrones positivos en las cantidades de precipitación en el borde de influencia del norte del NAMS. En el futuro cercano (2040-2050) las simulaciones del IPCC predicen que habrá reducciones en el total de la precipitación que recibirá la región de mayor influencia del NAMS y un aumento en el futuro lejano (2080-2090). Sin embargo, estas predicciones de la precipitación del futuro no han sido consistentes en todos los GCMs que han sido evaluados, por lo que la confianza en los resultados se considera media-baja. De acuerdo con el último reporte, también se ha observado un incremento en el cambio positivo de la intensidad de las lluvias que se esperan para el futuro lejano, así como incrementos en el número de días sin lluvias (secos) y un patrón positivo en el cambio en los periodos de duración de las lluvias de verano (figura 6c).

En resumen, se cree que los cambios en las características de la lluvia sea la principal razón por la que se estén observando disminuciones en los escurrimientos asociados con la precipitación del NAMS. Estas disminuciones también pueden estar asociadas con cambios en las condiciones hidrológicas antecedentes a cada época del monzón (Gochis *et al.*, 2007). También se cree que los cambios en los patrones de la precipitación estén siendo influidos por eventos extremos asociados a las tormentas tropicales que han logrado llegar a tierra, los cuales se espera que se incrementen en el futuro.

**Figura 6.** (a) Regiones de influencia de los principales sistemas monzonales del planeta: Monzón Norteamericano (NAMS), Monzón del Norte de África (NAF), Monzón de la India (SAS), Monzón de Asia del Este (EAS), Monzón de Sudamérica (SAMS), Monzón Sudafricano (SAF), y el Monzón Australiano (AUSMC). (b) Porcentaje de cambio observado y pronosticado para el futuro para el Monzón de Norte América (NAMS). (c) Cambios proyectados en importantes variables asociadas al ciclo hidrológico en la región del NAMS



Fuente: Basado en la figura 14.6 del reporte AR5 del IPCC (2013).

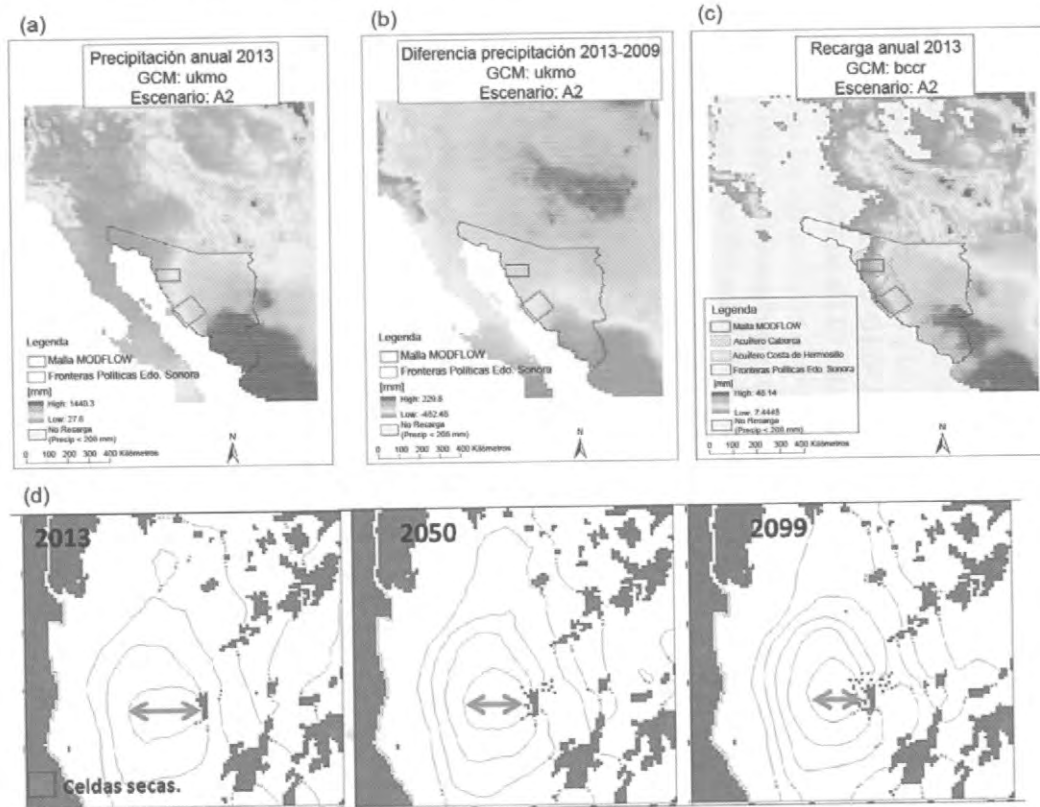
## IMPACTOS REGIONALES ESPERADOS

Para poder evaluar los cambios climáticos del futuro a nivel regional, como en el Sistema del Monzón de Norteamérica (NAMS), varios autores han aplicado distintas metodologías para rescalar GCMs utilizando los productos generados por el IPCC. Debido a que las resoluciones de los GCMs son demasiado grandes (~25-150km), es necesario aplicar metodologías para rescalar dichos productos y poder obtener resultados que sean de utilidad para niveles regionales (~8-12km). Existen dos formas básicas de realizar los rescalamientos: la primera es utilizando modelos dinámicos que agregan los datos espacialmente y temporalmente (e.g. *Wi et al.*, 2012); y, la segunda forma es utilizando métodos estadísticos de interpolación.

Recientemente, Cavazos y Arriaga-Ramírez (2012) evaluaron seis GCMs que fueron corregidos y rescalados estadísticamente para la región del monzón de Norte América, Baja California y el Sur de California. Sus resultados indican que existen actualmente sesgos positivos muy grandes en la precipitación de otoño e invierno y grandes sesgos negativos en el mismo periodo para la temperatura. El agrupamiento multimodelo del mismo estudio indica que existe una sobrestimación de la precipitación media anual, pero se mejora su capacidad de representar la variabilidad espacial de la lluvia en la región del monzón mexicano. Todos los escenarios indicaron, de manera consistente, que habrá un incremento positivo de temperatura.

Varios estudios han utilizado datos rescalados de los GCMs con distintos tipos de modelos hidrológicos para evaluar el impacto del cambio climático en los recursos hídricos en el noroeste de México y suroeste de Estados Unidos (e.g. *Christensen y Lettenmaier*, 2007; *Cayan et al.*, 2010; *Robles-Morua et al.*, 2014). El acoplamiento entre modelos hidrológicos (superficiales y subterráneos) es uno de los retos que enfrentamos en la actualidad debido a la falta de concordancia en las resoluciones espaciales y temporales de cada componente, además de que requieren de una red climatológica con datos confiables y con un historial grande de datos. En muchas partes esto es una de las limitantes más importantes para poder realizar estudios cuantitativos que cuantifiquen el impacto del cambio climático en nuestro país. El estudio de *Garatuza-Payan et al.* (2014) es un ejemplo de un trabajo donde se acoplaron varios GCMs rescalados estadísticamente a un modelo de aguas subterráneas para estimar los cambios en las recargas en dos importantes acuíferos en la zona noroeste del país (*Garatuza-Payan et al.*, 2014). Como se muestra en la figura 7, se espera que las reducciones en las precipitaciones en la región afecten la recarga de los acuíferos y, a su vez, dados los niveles existentes de extracción de agua subterránea,

Figura 7. a) Representación de la precipitación para el noroeste de México utilizando el modelo GCM-UKMO-HadCM3 rescalado estadísticamente; b) diferencias en las lluvias esperadas en el futuro lejano; c) estimación de la recarga al acuífero basado en ecuaciones empíricas de la precipitación comparados con observaciones de 118 pozos de observación; d) resultados del modelo de aguas subterráneas (MODFLOW) que muestra las reducciones en los niveles freáticos bajo condiciones de extracciones similares a las de la actualidad. La flecha roja muestra la ampliación del cono de abatimiento



Fuente: Garatuzo-Payan *et al.* (2014)

resulten en regiones con conos de abatimiento. Robles-Morua *et al.* (2014) realizaron un estudio donde se evaluó el impacto del cambio climático a nivel cuenca, en la infraestructura disponible para manejar el agua en el Río Sonora (Robles-Morua *et al.*, 2014). Este tipo de estudios son ejemplos de aplicaciones regionales que han acoplado resultados de GCMs para evaluar cómo se verían afectadas las variables que impactan la disponibilidad de agua.

## ESTRATEGIAS PARA EL USO Y MANEJO DEL AGUA ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

México está ya afectada severamente por el cambio climático y las proyecciones sobre todo en las regiones áridas y semiáridas indican menores precipitaciones y mayores evaporaciones, lo que obliga a políticas y acciones de gestión integral del agua superficial y subterránea, medidas de protección, de mitigación y de adaptación.

### Estrategias para el uso y manejo de los recursos de agua (superficiales y subterráneos):

- Promover la creación de planes integrales regionales de manejo del agua. La recarga a los acuíferos será dependiente de las zonas de captación las cuales deben ser protegidas.
- Incrementar agresivamente el uso eficiente del agua (principalmente en el principal usuario, la agricultura).
- Promover actividades de agricultura que apliquen prácticas factibles enfocadas al manejo eficiente del agua, por ejemplo:
  - Preparación y adopción de planes de manejo de cuencas y de acuíferos.
  - Desarrollar planes de captura y manejo de escurrimientos.
  - Desarrollar y promover planes de conservación de suelos y agua.
  - Implementar sistemas de almacenamiento y captura de lluvia.
  - Promover prácticas de agricultura de conservación.
  - Llevar a cabo pruebas de bombeo y evaluaciones para monitorear los niveles de los mantos freáticos. Establecer un sistema de monitoreo continuo.

- Minimizar las pérdidas durante el transporte del agua en la agricultura (revestir canales).
- Implementar sistemas de recuperación de agua de los drenes agrícolas (*tail water recovery systems*).
- Implementación de sistemas de calendarización de los riegos en tiempo real basados en humedad de suelos y datos de evapotranspiración.
- Difundir los beneficios del uso de agua reciclada de los drenes agrícolas.
- Implementar programas de optimización integrales que incluyan los recursos de agua superficial y subterránea.
- Implementar programas de incentivos por el uso eficiente del agua.
- Los planes de los agricultores deberán considerar que en las cuencas de captación se están promoviendo estrategias para retener agua y resguardarse ante el cambio climático. Los acuíferos costeros que se encuentran aguas abajo se verán afectados por las estrategias que se implementen aguas arriba.

#### Medidas de adaptación:

- Formulación de políticas de vulnerabilidad para los distintos sectores con énfasis en utilizar los recursos de agua subterránea para las necesidades básicas de consumo de las ciudades y la seguridad alimenticia. Énfasis en un proceso participativo del desarrollo de políticas de vulnerabilidad para asegurarse que todos los grupos afectados estén representados adecuadamente.
- Establecimiento de un sistema integral de monitoreo de sequías y sistema de alerta.
- Determinar los mecanismos y escenarios que los agricultores pueden seguir bajo distintos escenarios de disponibilidad de agua y durante épocas de sequía.
- Promover programas que diversifiquen las fuentes de ingresos y ayuden a reducir la vulnerabilidad de las personas que dependen exclusivamente de la agricultura en las regiones más vulnerables (figura 4 y tabla 1).
- Implementar medidas de monitoreo de los niveles de agua en los acuíferos y de la calidad de agua. Así como también el monitoreo de la infiltración salina.
- Promover alternativas de agricultura de temporal que ayuden a minimizar las extracciones y dependencia a los acuíferos.

- Establecer límites en los volúmenes de descarga y concentraciones de nutrientes y pesticidas en los drenes agrícolas de tal manera que los agricultores se vean obligados a invertir en sistemas de reutilización del agua de sus campos.

**Desarrollo de planes de manejo de acuíferos los cuales deberán considerar los siguientes puntos:**

- Promover el uso de acuíferos y de la infraestructura de almacenamiento de agua superficial como bancos de agua.
- Proteger la contaminación del agua de los acuíferos con duras penalizaciones para quienes ocasionen problemas de contaminación.
- Prevenir la intrusión salina de los acuíferos del país. Esto se puede incrementar aun con el detenimiento de los bombeos agrícolas, pues se estima que los niveles se elevarán como resultado del cambio climático.
- Monitoreo constante de los niveles del agua y las extracciones.
- Monitoreo de daños a la vegetación de zonas riparias por reducciones en niveles del agua.
- Monitoreo de calidad de agua subterránea.
- Monitoreo de problemas por hundimientos a raíz de sobreexplotación de acuíferos.
- Monitorear los costos de operación, los costos de energía relacionados con los bombeos, la necesidad de tener que hacer pozos más profundos y la necesidad de destruir/cancelar adecuadamente pozos que ya no se encuentran en operación.
- Promover la implementación de sistemas solares o energía limpia para la extracción del agua, de tal manera que los agricultores y los usuarios de agua de acuíferos minimicen los costos de extracción.
- Tradicionalmente, el valor real del agua subterránea ha sido subestimada. Para promover su mayor protección, el valor del agua debe reflejar su costo real incluyendo el costo de mantenerla y preservarla en el futuro.

**Medidas de protección:**

- Implementar estrategias de manejo de suelos que aseguren y promuevan la maximización de la infiltración y retención del agua en los suelos.



- Establecer zonas de protección (áreas de mayor recarga).
- Identificar áreas de recarga que han sido dañadas por cambios de uso de suelo y diseñar planes de reforestación enfocados en la maximización e la infiltración y retención del agua en los suelos.
- Establecer sistemas de monitoreo continuo.
- Crear programas de ahorro de agua.
- Actualizar la agricultura de temporal promoviendo sistemas *in situ* de captura de lluvia. Promover prácticas de agricultura que maximicen la retención de agua en los suelos.
- Para los agricultores que dependen exclusivamente de agua subterránea, se deberá promover la implementación de sistemas suplementarios de riego. Sistemas que apliquen agua durante las etapas más críticas de sus cultivos y que usen de manera más eficiente el agua disponible.
- Desarrollar programas que promuevan el desarrollo de capacidades locales que sirvan para difundir el problema de manejar sustentablemente las cuencas y los acuíferos.
- Se deberá entrenar y mejorar la capacidad de los principales usuarios del agua y fomentar una nueva cultura de protección de las cuencas y los acuíferos.

## CONCLUSIONES

En este capítulo se presentaron de manera resumida las implicaciones del cambio climático en la disponibilidad de agua para México. De acuerdo con las proyecciones hacia el futuro del quinto reporte del IPCC (AR5-IPCC, 2013) existe una probabilidad relativamente alta de que la disponibilidad de agua en México se verá afectada negativamente (menos precipitación y mayor evapotranspiración). Dichos impactos se verán reflejados en cambios esperados en el Monzón de Norteamérica. Como se mostró anteriormente, existe incertidumbre en la magnitud de los cambios esperados, por lo que es importante que se evalúen más a detalle las proyecciones realizadas por el IPCC y que se desarrollen modelos rescalados (numérica y estadísticamente) para que se pueda evaluar cómo dichas proyecciones afectarán las distintas regiones hidrológicas de México. También es de suma importancia elaborar modelos conceptuales y numéricos actualizados y correctos del funcionamiento de los sistemas hidrológicos del país. Así como determinar escenarios anuales y

estacionales de cambio climático (precipitación y temperatura, principalmente) en las regiones de interés.

Aún sin los cambios esperados por el cambio climático, el manejo del agua es impredecible debido a la alta variabilidad espaciotemporal de las lluvias en el país, y más aún, la administración de este recurso en zonas áridas y semiáridas donde el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para los diversos usos. Es por eso que es de vital importancia que se actualice constantemente su disponibilidad y que se cuantifiquen los cambios ocasionados por el cambio climático. En ese sentido, cualquier estudio que trate de estimar o pronosticar los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos deberá considerar actualizar el conocimiento de la disponibilidad del agua en las cuencas hidrológicas o acuíferos, considerando todas las entradas y salidas naturales así como todos los volúmenes comprometidos.

Para poder elaborar planes de mejora en la eficiencia y uso del agua también se deberán evaluar distintos escenarios de demanda de agua y determinar los componentes técnicos y operativos que sirvan como base para el establecimiento de alternativas para el manejo de los recursos hídricos. Tomando estos puntos en consideración, este capítulo finaliza presentando varias estrategias para el uso y manejo del agua bajo escenarios de disponibilidad reducida debido al cambio climático:

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, B. T., J. R. Knight, M. A. Ringer, C. Deser, A. S. Phillips, J. H. Yoon, y A. Cherchi (2010). Climate forcings and climate sensitivities diagnosed from atmospheric global circulation models. *Clim. Dyn.*, 35: 1461-1475.
- Arreguín-Cortés, Felipe I. y López-Pérez, Mario (2013). Impacts of climate change on the hydrological cycle in Mexico. *International Journal of Water Resources Development*, vol. 29, núm. 2: 172-183. DOI:10.1080/07900627.2012.721712. (Special Issue: Thematic Issue: *Water Management and Climate Change: Dealing With Uncertainties*).
- Arriaga-Ramírez, S. y Cavazos, T. (2010). Regional trends of daily precipitation indices in northwest Mexico and southwest United States. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 115, D14111, doi:10.1029/2009JD013248.
- Bader, D.C. et al. (2008). *Climate models: An assessment of strengths and limitations*. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Energy, Office of Biological and Environmental Research, Washington, D.C.

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds. (2008). *Climate change and water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- Brekke, L., Thrasher, B.L., Maurer, E.P. y Pruitt, T. (2013). *Downscaled CMIP3 and CMIP5 Climate Projections: Release of Downscaled CMIP5 Climate Projections, Comparison with Preceding Information, and Summary of User Needs*. Bureau of Reclamation Climate Analytics Group Climate Central Lawrence Livermore National Laboratory Santa Clara University Scripps Institution of Oceanography, U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Geological Survey.
- Castro, Christopher L., Hsin-I Chang, Francina Dominguez, Carlos Carrillo, Jae-Kyung Schemm, Hann-Ming Henry Juang (2012). Can a regional climate model improve the ability to forecast the North American Monsoon? *J. Climate*, 25, 8212–8237. doi: <<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00441.1>>.
- Cavazos, Tereza, Andrew C. Comrie, Diana M. Liverman (2002). Intraseasonal variability associated with wet monsoons in southeast Arizona. *J. Climate*, 15: 2477–2490. doi: <[http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<2477:IVAWWM>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2477:IVAWWM>2.0.CO;2)>.
- Cavazos, T., C. Turrent y D. P. Lettenmaier (2008). Extreme precipitation trends associated with tropical cyclones in the core of the North American monsoon. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L21703, doi:10.1029/2008GL035832.
- Cavazos, T., Arriaga-Ramírez, S. (2012). Downscaled climate change scenarios for Baja California and the North American Monsoon during the twenty-first century. *J. Climate*, 25: 5904–5915. doi: <<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00425.1>>.
- Cayan, D. R. , Dasa, T., Pierce, D.W., Barnett, T.P., Tyree, M. y Gershunov, A. (2010). Future dryness in the southwest US and the hydrology of the early 21st century drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(1): 21271–21276. DOI : 10.1073/pnas.0912391107.
- Christensen, J.H. y autores (2007). Regional climate projections. En S. Solomon *et al.* (eds.), *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- Christensen, N.S. y Lettenmaier, D.P. (2007). A multimodel ensemble approach to assessment of climate change impacts on the hydrology and water resources of the Colorado River Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(4): 1417–1434.
- Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie y T. Zhou (2013). Climate phenomena and their relevance for future regional climate change. En Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K.

- Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Cook, B. I. y R. Seager (2013). The response of the North American Monsoon to increased greenhouse gas forcing. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118: 1690-1699, doi:10.1002/jgrd.50111.
- Cubash, U. D. Wuebbles, D. Chen, M.C. Facchini, D. Frame, N. Mahowald y J.-G. Winther (2013). Introduction. En Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.), *Climate Change 2013: The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA.
- Dominguez, F., Cañon, J. y Valdes, J. (2009). IPCC-AR4 Climate simulations for the southwestern US: The importance of future ENSO projections. *Climatic Change*, 99 (3-4): 499-514
- Dominguez, F., E. Rivera, D. P. Lettenmaier y C. L. Castro (2012). Changes in winter precipitation extremes for the western United States under a warmer climate as simulated by regional climate models. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L05803, doi: 10.1029/2011GL050762.
- Eichler, T., Rind, D. y Zebiak, S. (2006). Impact of global warming on ENSO variability using the coupled giss GCM/ZC model. *Int. J. Climatol.*, 26: 1283–1314. doi: 10.1002/joc.1308.
- Garatuza-Payan, J., Robles-Morua, A. y Oroz, L. (2014). *Estudio del impacto el cambio climático en acuíferos en el estado de Sonora*. Reporte para la Comisión Nacional del Agua región noroeste. 114 pp.
- Gochis, D. J., Watts, C. J., Garatuza-Payan, J. y Rodriguez, J. Cesar (2007). Spatial and temporal patterns of precipitation intensity as observed by the NAME Event Rain gauge Network from 2002 to 2004. *J. Climate*, 20: 1734–1750.
- Gutiérrez-Ruacho OG, Brito-Castillo L, Díaz-Castro SC, Watts CJ. (2010). Trends in rainfall and extreme temperatures in northwestern Mexico. *Clim. Res.*, 42: 133-142.
- IPCC (2007a). *The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* S. Solomon et al. (eds.). Cambridge Univ. Press, Nueva York.
- IPCC (2007b). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.

- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA, 1535 pp.
- Johnson, F., Westra, S., Sharma, A. y Pitman, A.J. (2011). An assessment of GCM skill in simulating persistence across multiple time scales. *Journal of Climate*, 24: 3609-3623.
- Magaña, V.O., and Conde, C. (2000). Climate and freshwater resources in northern Mexico: Sonora, a case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 61(1), 167-185.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P. and Wilbanks, T.J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463: 747-756, doi:10.1038/nature08823.
- Robles-Morua, A., Che, D., Mayer, A.S. y Vivoni, E.R. (2014). Hydrologic assessment of proposed reservoirs in the Sonora River Basin, Mexico, under historical and future climate scenarios. *Hydrological Sciences Journal*. doi:10.1080/02626667.2013.878462.
- Seager, R. y coautores (2007). Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America. *Science*, 36: 1181-1184.
- Sheppard, P.R., Comrie, A.C., Packin, G.D., Angersbach, K. y Hughes, M.K. (2002). The climate of the US southwest. *Climate Research*, 21(3), 219-238.
- Serrat-Capdevilaa, A., Valdes, J. B., Dominguez, F. y Rajagopal, S. (2013). Characterizing the water extremes of the new century in the US South-west: A comprehensive assessment from state-of-the-art climate model projections. *International Journal of Water Resources Development*, vol. 29, núm. 2 (2013 Special Issue: Thematic Issue: Water Management and Climate Change: Dealing With Uncertainties).
- Turrent, Cuauhtémoc, Tereza Cavazos (2012). A numerical investigation of wet and dry onset modes in the North American Monsoon core region. Part I: A regional mechanism for interannual variability. *J. Climate*, 25: 3953–3969. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00215.1>
- Vörösmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J. y Lammers, R. B. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289: 284-289. DOI: 10.1126/science.289.5477.284.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B. , Gessner, M. O. , Dudgeon, D. , Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C. y Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467: 555-561, doi:10.1038/nature09440.

- Wada, Y., van Beek, L. P. H. y Bierkens, M. F. P. (2011). Modelling global water stress of the recent past: On the relative importance of trends in water demand and climate variability. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15: 3785-3808, doi:10.5194/hess-15-3785-2011.
- Wi, S., Dominguez, F., Durcik, M., Valdes, J., Diaz, H.F. y Castro, C.L. (2012). Climate change projection of snowfall in the Colorado River Basin using dynamical downscaling. *Water Resources Research*, 48, W05504, doi: 10.1029/2011WR010674.
- Wilby, R. L. y Wigley, T. M. L. (1997). Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations: *Progress in Physical Geography*, 21: 530-548.

# IMPACTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO

---

*Ignacio Sánchez Cohen\**, *Gerardo Esquivel Arriaga\**  
*Miguel A. Velásquez Valle\**, *Gabriel Díaz Padilla\**,  
*Mariela Núñez Lares\*\**

## INTRODUCCIÓN

El agua es vital como recurso, necesaria para la supervivencia y crucial para la promoción de la salud, productividad y calidad de vida. También es una parte fundamental de cualquier ecosistema y un requisito para la integridad y sostenibilidad de éstos. El agua es además un factor esencial en todos los sectores de desarrollo económico y social. Así, la disponibilidad de agua es un prerrequisito para la inversión, crecimiento y la consecuente mitigación de la pobreza (4<sup>th</sup> World Water Forum, 2006).

La disponibilidad de agua en el mundo está fuertemente ligada a las variaciones climáticas, por lo que es necesario considerar este factor en todo proceso de planeación del uso del recurso hidráulico. Una adecuada contabilización de las disponibilidades de agua para los diferentes usos debiera considerar distintos escenarios de clima en aras de contemplar acciones preventivas o correctivas ante la incertidumbre climática (Sánchez-Cohen *et al.*, 2008a; 2008b y 2011)

El efecto de la variabilidad climática se ha manifestado de diversas formas y magnitudes y uno de los recursos más seriamente afectados es el agua por sus variaciones temporales y espaciales en su disponibilidad y calidad. Por otro lado, los

---

\* Investigadores titulares en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México.

\*\* Estudiante de maestría en la Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

embates de eventos extremos han magnificado su impacto al registrarse pérdida humana y económica nunca antes vista.

La incertidumbre en el contexto de disponibilidad de agua se asocia con la variabilidad del clima pudiendo establecer que un sistema bajo incertidumbre climática es un sistema bajo riesgo. El riesgo puede ser físico o económico, sin ser ambos necesariamente excluyentes. Dado que la atmósfera es un sistema dinámico no lineal en el sentido determinístico, no es fácil predecir su comportamiento. De aquí, que los métodos estadísticos sean de utilidad en el proceso de determinar el comportamiento futuro de las variables climatológicas que impactan los ecosistemas (Sánchez-Cohen, 2005).

Actualmente, al menos una de cada tres personas en el mundo carece de agua. Aproximadamente una quinta parte de la población mundial, 1.2 mil millones de personas habitan en zonas de escasez hídrica, ya sea natural o geográfica, mientras que alrededor de 1.6 mil millones de personas, lo equivalente a una cuarta parte de la población, se enfrenta a una escasez de agua debido a una carencia económica (o bien, que no cuentan con la infraestructura necesaria para utilizar los recursos hídricos localizados en ríos y acuíferos), como, por ejemplo, la población en la mayoría de los países en desarrollo.

Las proyecciones relativas a la disponibilidad de agua no son halagüeñas en ninguno de los modelos y un estudio reciente pronostica que la mayoría de los países ubicados en zonas áridas incrementarán su estrés hídrico (razón entre uso y disponibilidad de agua), colocándolos en la categoría de alta vulnerabilidad social con repercusiones económicas, de salud y ambientales de inimaginable magnitud (Hejazi *et al.*, 2014). Tal es el caso de México donde más del 70% de su superficie se encuentra bajo condiciones de aridez o semiaridez.

## EL CONTEXTO: IMPACTO DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN EL RECURSO AGUA

El primer y principal impacto del cambio climático global es la incertidumbre, lo que ubica a los sistemas productivos nacionales en categoría de riesgo (Sánchez-Cohen, 2005). El debate científico internacional estriba en la identificación y cuantificación de las causas del cambio climático estando de acuerdo en que desde el inicio de la revolución industrial la población, el uso de combustibles fósiles, la manufactura de cemento y la intensiva producción agropecuaria ha incrementado dramáticamente



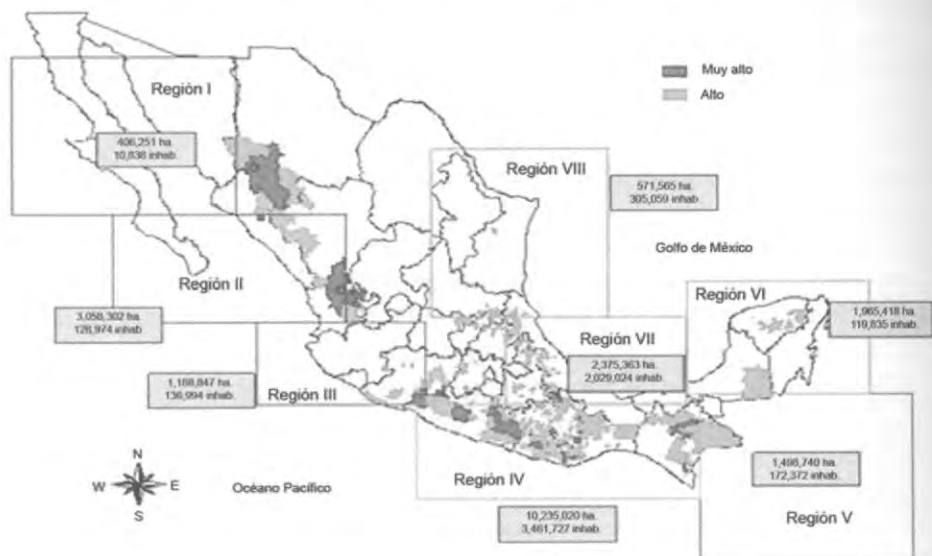
en todo el planeta, lo que ha traído como consecuencia un incremento de GEI en la atmósfera, que ha modificado los patrones climáticos.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en México han crecido exponencialmente a una tasa de 6.5% por año a partir de 1891 hasta 1982. A partir de 1983 y hasta 1989 los niveles de las emisiones permanecieron relativamente estables, previo a un incremento fuerte en 1989 y 1990. A partir de 1990, las emisiones han permanecido estables ubicándose en 114 millones de toneladas de carbono. El crecimiento de las emisiones en México está relacionado con un incremento en la producción de petróleo. En el año 2003, 66.5% de las emisiones se debieron a productos derivados del petróleo, lo que constituyó la más grande fracción de los principales países emisores de CO<sub>2</sub>. Las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> per cápita son de 1.01 toneladas de carbón, lo que lo ubica ligeramente por debajo del promedio global. El impacto de los precios del petróleo hacia finales de los años 70 y principios de los 80 se reflejó en un decremento de 80% en las emisiones de gas después de 1982. El consumo de gas natural en México ha crecido en importancia, siendo la fuente del 23% de las emisiones de combustibles fósiles. Se espera que en el futuro cercano las emisiones a la atmósfera se incrementen de manera considerable con la apertura a la explotación de petróleo por las recientes reformas estructurales (2014) en materia de explotación de hidrocarburos en México. Estas emisiones de GEI tienen un impacto directo en el calentamiento de la atmósfera con las repercusiones añadidas en los regímenes pluviales. El problema de impacto se agrava cuando convergen situaciones de calentamiento y reducción en precipitación.

En la agricultura, la variabilidad climática afecta grandemente el desarrollo y producción de plantas y animales, principalmente en las zonas de alta vulnerabilidad localizadas en las regiones áridas y semiáridas. La agricultura mexicana enfrenta con mayor frecuencia eventos climáticos extremos, como sequías y lluvias torrenciales. Varias zonas productivas del país han experimentado con mayor frecuencia y severidad los efectos de eventos climatológicos extremos que han puesto a prueba la sustentabilidad de los procesos productivos y de los productores rurales. Las sequías han obligado a restringir las dotaciones normales de irrigación, con lo cual ha disminuido la superficie cultivable en las zonas de riego; también se han presentado siniestros por contingencias climatológicas en las zonas de temporal a niveles intolerables por los productores (Sánchez-Cohen *et al.*, 2013).

La figura 1 integra datos del grado de marginalidad de la población (colores en el mapa) y probabilidad de que estas poblaciones se vean afectadas por eventos extremos. Con fundamento en este último criterio, el país se ha dividido en VIII zonas de impacto y el recuadro bajo el mapa muestra las probabilidades de afecta-

Figura 1. Grado de marginalidad humana y zonas climáticas vulnerables en México



	Pacífico				Atlántico			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Todos	0.160	0.729	0.479	0.444	0.309	0.353	0.178	0.353
Neutral	0.148	0.674	0.513	0.493	0.356	0.381	0.213	0.274
La Niña	0.095	0.632	0.451	0.33	0.393	0.33	0.259	0.727
El Niño	0.239	0.597	0.42	0.365	0.087	0.239	0	0.087

Fuente: Tiscareño (2006); Sánchez-Cohen *et al.* (2012).

ción por esos eventos extremos. Los insertos en el mapa señalan el área y el número de habitantes que pudieran ser afectados bajo la ocurrencia de estos eventos. Es de hacerse notar la alta vulnerabilidad de las zonas marginales en quienes los embates del clima causan mayor daño teniendo poca capacidad de resiliencia.

En el sector agropecuario de México, 50% de las pérdidas se deben a sequías; 23% a avenidas extremos y 27% a otras causas (Tiscareño, 2006). Este sector es el principal usuario del agua y del suelo: la agricultura de riego utiliza 78% del agua extraída en el país y la ganadería 2%. En cuanto al suelo, se cultivan alrededor de

23 millones de hectáreas; además, aproximadamente 112 millones de hectáreas se clasifican como de uso ganadero, o sea, casi 70% del territorio nacional tiene un uso agropecuario (CONAGUA, 2006). Lo anterior pone de manifiesto la gran dependencia del bienestar social de la agricultura y ganadería y al impacto de la disponibilidad del agua en el sector (Sánchez-Cohen *et al.*, 2008b y 2008a). Sin embargo, independientemente de la fuente del recurso agua (superficial o subterránea), este recurso se encuentra escaso en la mayor parte del país como se observa en la figura 2.

La importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios. Alrededor de 37% (30.1 miles de millones de metros cúbicos por año en 2010) del volumen total concesionado para usos consuntivos pertenece a este origen. Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, de los cuales 123 se encuentran sobreexplotados. Si persiste la tendencia de sobreexplotación, en el futuro cercano la mayoría de los acuíferos del país que abastecen de agua para consumo humano estarán sobreexplotados con la consecuencia directa en la salud de los habitantes, debiéndose llevar a cabo procesos costosos de potabilización.

## IMPACTOS SOCIALES

Uno de los impactos más notables del cambio en los patrones del clima es el desplazamiento de gente, afectando a la población más vulnerable, en virtud de que este sector de la sociedad es el que está más expuesto a los desastres debido a la deforestación, desplazamiento de masas de tierra, pérdida de productividad del suelo por erosión, y con un componente de falta de apoyos gubernamentales para la producción rural sustentable, incluyendo los servicios ambientales (Oswald, 2008a). Por otro lado, esta parte de la población es la mayormente expuesta a enfermedades y plagas por el mismo motivo (Acuña *et al.*, 2002). La afectación de género es también asunto preocupante sobre todo en países cuya marginalidad es superlativa (Oswald, 2008b.)

La figura 3 es un ensamble entre rezago social, índice estandarizado de precipitación (SPI) y cuencas hidrológicas en México. De manera general, el SPI<sup>1</sup> es un indicador de anomalías en la precipitación, cuantificadas en términos de número

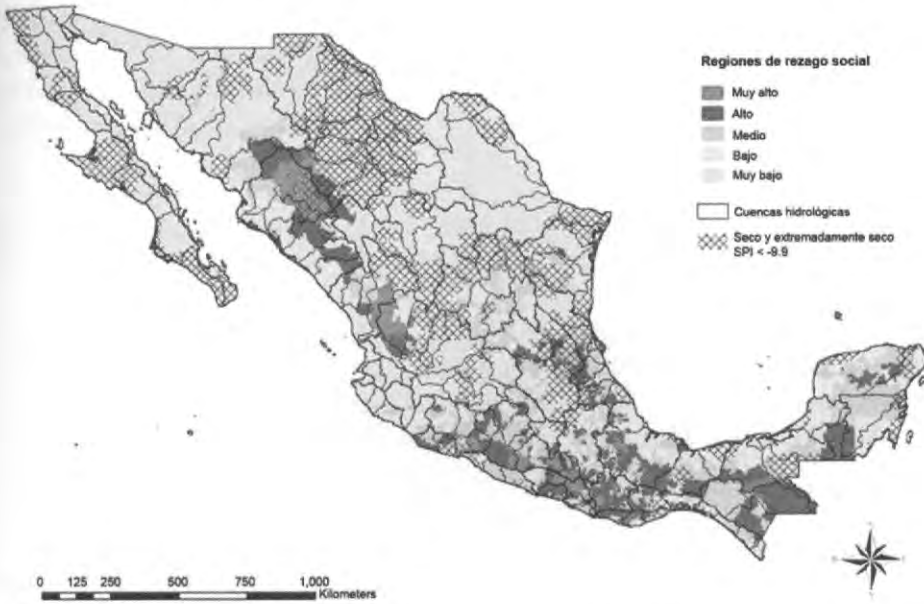
<sup>1</sup> Una descripción detallada del SPI y la manera de cuantificarlo puede consultarse en Sánchez-Cohen *et al.*, 2008a y 2008b.

Figura 2. Disponibilidad del agua en México según su fuente



Fuente: Elaboración propia con datos de la Conagua (2006) y Sánchez-Cohen *et al.* (2007).

Figura 3. Rezago social, condiciones de sequía (SPI = -0.99) y cuencas hidrológicas

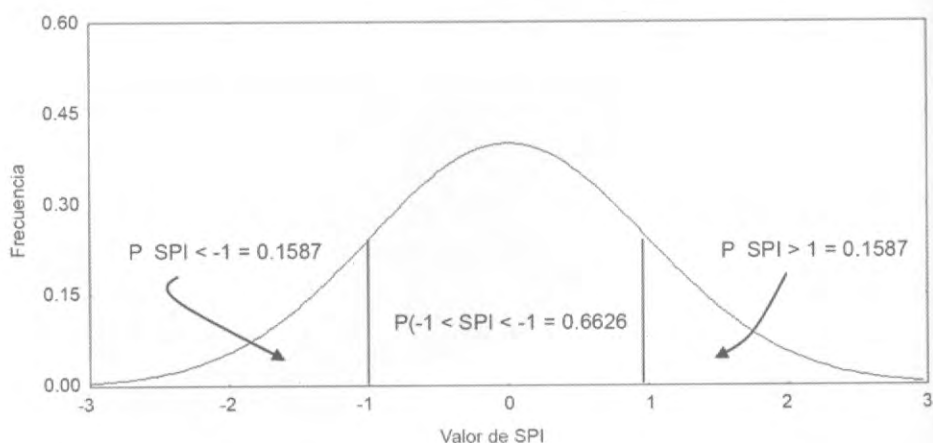


Fuente: Elaboración propia, con información de CONAPO (2002) y SPI calculado acorde con el algoritmo reportado en Sánchez-Cohen *et al.* (2008).

de desviaciones estándar de la precipitación con respecto a su valor promedio histórico. En esta figura se puede observar que en una porción de la parte alta de la Sierra Madre Occidental convergen altos índices de rezago social y condiciones severas de sequía (SPI = -0.99); el mismo caso es válido para algunas cuencas en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco Veracruz y Chiapas. Éstos y otros estados figuran en las listas de expulsores de población del sector rural hacia los Estados Unidos de Norte América (Sánchez - Cohen *et al.*, 2009).

Un evento de sequía ocurre si el SPI se mantiene negativo por un periodo de tiempo, alcanzando una intensidad de -1.0 o menor. El periodo seco termina cuando el SPI llega a ser positivo y el daño ocasionado es función de su magnitud y duración. La figura 4 muestra la distribución de la probabilidad (media = 0 y varianza = 1) de que ocurra un valor de SPI.

Figura 4. Distribución normal estándar de SPI con media cero y varianza uno y las categorías de intensidad



Valor SPI	Categoría
2.00 o mayor	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Muy húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
0 a 0.99	Ligeramente húmedo
0 a -0.99	Ligeramente seco
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco
-1.50 a -1.99	Muy seco
-2.00 o menor	Extremadamente seco

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 5 y 6 muestran los valores de SPI para dos condiciones contrastantes en el país: aridez y humedad, notándose la enorme variabilidad temporal y espacial del índice, lo que es un indicativo de incertidumbre climática y por ende de riesgo ambiental. Este valor aunado a otras condiciones socioeconómicas sirve como plataforma para auxiliar en la toma de decisiones de intervención o mitigación de impacto.

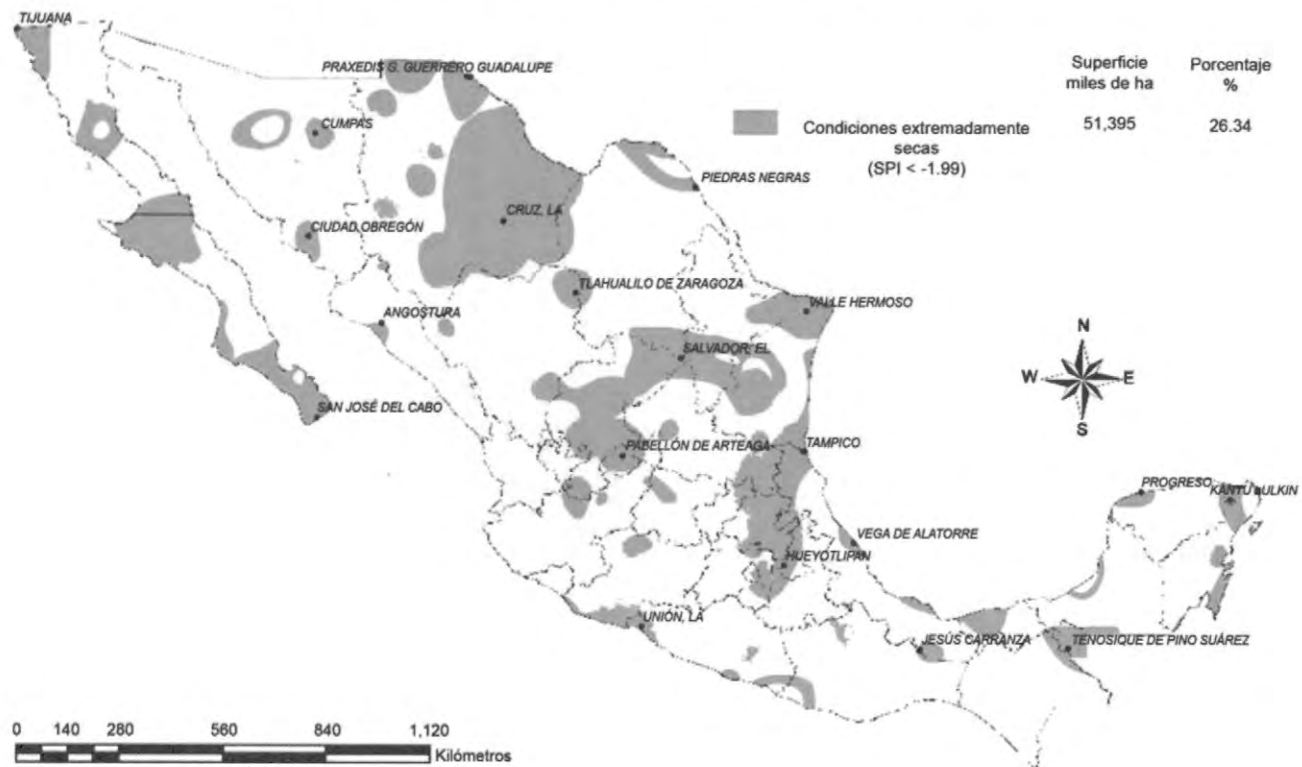
### MODELACIÓN DE IMPACTO DE DÉFICIT HÍDRICO EN LA AGRICULTURA DE TEMPORAL Y SUBSISTENCIA

La herramienta principal para hacer proyecciones sobre el cambio climático son los modelos físicos complejos. Para analizar la gama completa de escenarios es necesario complementarlos con modelos físicos simples, calibrados para ofrecer una respuesta equivalente a los complejos. Los modelos climáticos son una herramienta esencial para entender el clima actual y su variabilidad. El clima es quizá el factor natural más difícil de modelar debido a las enormes variaciones en espacio y tiempo de las variables que lo definen. Estas fluctuaciones resultan de las interacciones entre océano, atmósfera, tierra y capa cubierta de hielo de ésta, así como de los cambios en el balance de energía que resultan de las erupciones volcánicas y la variación en la intensidad de los rayos solares (Prager y Earle, 2001).

Los modelos de simulación de las variaciones climáticas y su impacto en variables socioeconómicas hacen uso del comportamiento histórico de series de tiempo climáticas como sustento para proyectar las condiciones futuras. Dos de las variables que estos algoritmos incluyen son las probabilidades condicionales de precipitación (matriz de transición de la lluvia) y la variación en temperaturas (máximas y mínimas). Estos parámetros varían en espacio y tiempo por lo que el ensamble de modelos es el procedimiento adecuado para cuantificar el impacto en el futuro. Como ejemplo, la figura 7 muestra la variación de las probabilidades condicionales de que en un día cualquiera ocurra lluvia, dado que el día anterior no llovió (PWD) de manera mensual para dos estaciones climatológicas del país para las condiciones actuales de clima (histórico) y bajo el escenario climático del IPCC A1B.

De la figura anterior se puede notar que para la estación climática de Zacatecas, la PWD decrecerá en el futuro indicando menor precipitación pluvial. Por otro lado, para la estación climatológica de Jalisco, si bien la PWD no variará en valor absoluto sí se adelanta en tiempo su magnitud, siendo un indicador de la necesidad de adecuar procesos a este cambio, tales como fechas de siembra de los cultivos,

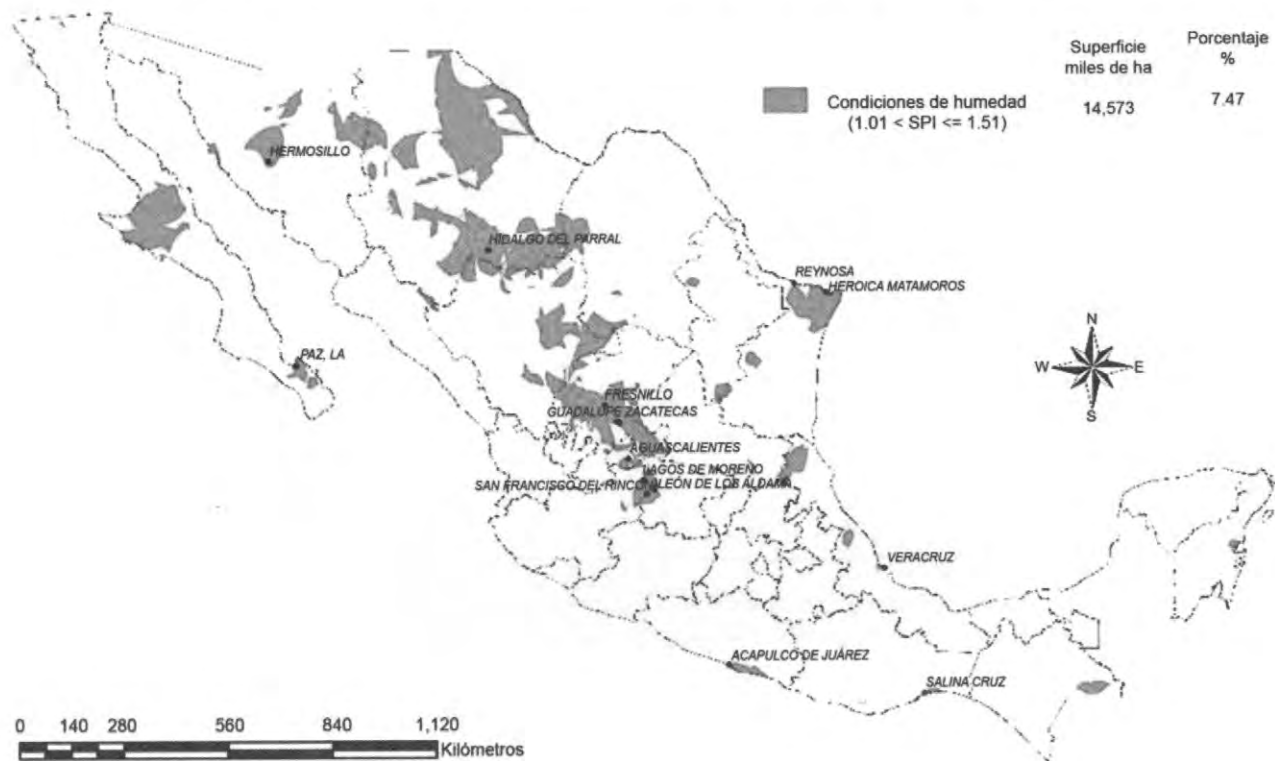
Figura 5. Regiones con condiciones secas,  $SPI \leq 1.90$  durante 1961-2003



Fuente: Sánchez-Cohen *et al.* (2011).

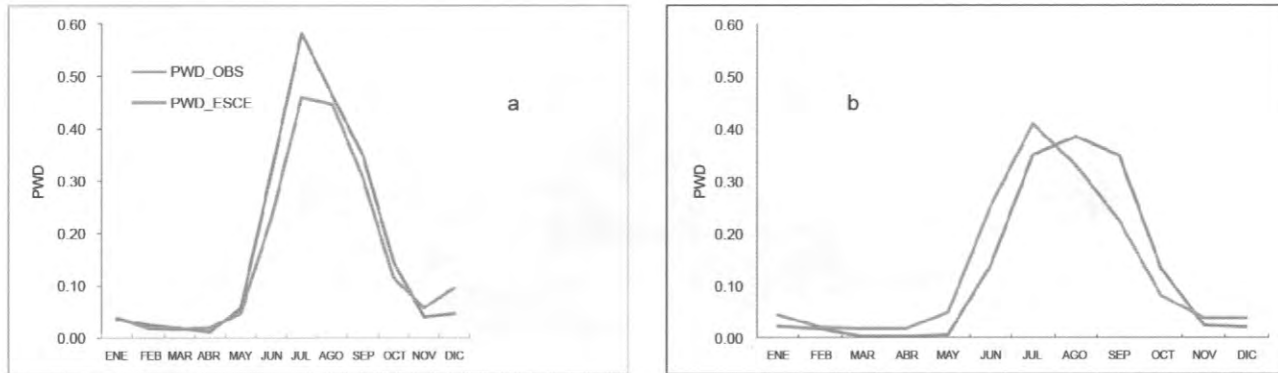


Figura 6. Regiones con condiciones húmedas,  $1.01 < SPI \leq 1.51$ , durante 1961-2003



Fuente: Sánchez-Cohen *et al.* (2011).

Figura 7. Variación de la probabilidad de tener un día con lluvia dado que el día anterior no llovió (PWD) para dos estaciones climatológicas: Téal de González en Zacatecas (a) y Tomatlán en Jalisco (b)



Fuente: Sánchez-Cohen *et al.* (2009).

tratando de que las precipitaciones coincidan con los máximos requerimientos hídricos de éstos. Otra estrategia será cambiar el patrón de cultivos hacia aquellos con menores necesidades hídricas.

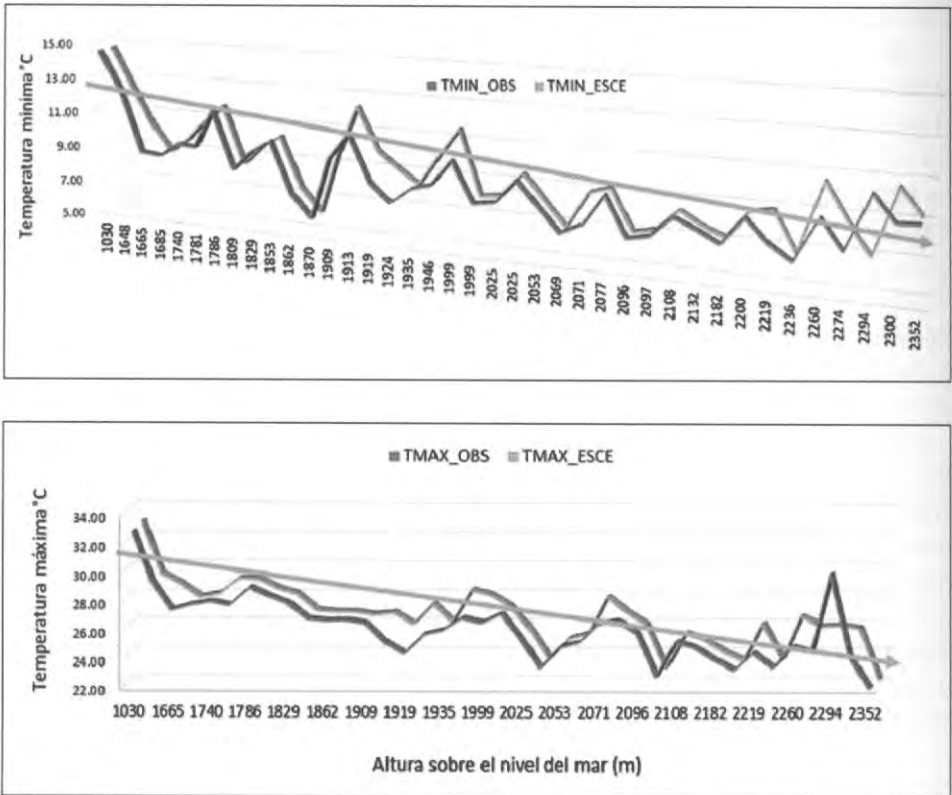
También, como ejemplo de las variaciones climáticas en la figura 8, se presenta la variación de las temperaturas máximas y mínimas con respecto a la altura sobre el nivel del mar para el estado de Zacatecas. Es de notarse la tendencia a decrecer los valores con la altura. Sin embargo, para este estado se espera que en el futuro las temperaturas mínimas se incrementen en relación con las máximas siendo más notorio en las partes altas, lo cual provocará la reducción de la amplitud térmica (rango de temperaturas en la que los cultivos desarrollan sus procesos fisiológicos de manera normal) provocando un desfase en la aparición de las etapas fenológicas de cultivos como floración y llenado de grano. Anteriormente, se asentó que en esas partes es donde se encuentra la población más vulnerable por lo que el impacto se espera sea de gran magnitud social.

Para fines del presente documento y en aras de cuantificar el impacto que las variaciones climáticas pueden tener en la producción de cultivos en zonas de régimen pluvial incierto, se obtuvieron escenarios climáticos regionalizados a partir de la metodología propuesta por Magaña (2010) y Zermeño (2008). Esta metodología permite generar escenarios de cambio climático a escala regional (A2, A1B),<sup>2</sup> los cuales son construidos para las variables temperatura y precipitación, representándolas con alta resolución espaciotemporal para México, con el fin de proveer información adecuada para los trabajos que se desarrollan en materia de adaptación al cambio climático (Zermeño, 2008).

Estos escenarios fueron acoplados a un proceso de modelación para estimar el impacto en la productividad agrícola, específicamente para los cultivos de frijol en el estado de Durango, y maíz en el estado de Jalisco, México. Se parte del análisis de la zona de estudio para identificar zonas y cultivos vulnerables ante los efectos del cambio climático (I), se emplea un generador climático (WX-PARM) para obtener los parámetros de clima que definen la región. Con el fin de cuantificar el impacto del rendimiento del cultivo bajo condiciones de cambio climático, se utilizó un generador estocástico (LARS-WG) para generar escenarios regionales de cambio climático (II), después las matrices que definen las condi-

<sup>2</sup> Definición de escenarios del IPCC: A1: rápido crecimiento económico, globalizado, intensivo (fuerzas del mercado); A2: población continuo crecimiento regional, intensivo; B1: crecimiento rápido con sustentabilidad, población declina en 2050, nuevas tecnologías; B2: población creciente baja con respecto a A2, soluciones locales, desarrollo intermedio, menor cambio tecnológico (IPCC, 2014).

Figura 8. Variación de las temperaturas máximas y mínimas con la altura para el estado de Zacatecas



Fuente: Elaboración propia.

ciones climáticas en la región de estudio<sup>3</sup> se utilizaron en un modelo de cultivo (EPIC) para evaluar el impacto en rendimiento (III) y, finalmente, se realizó un análisis espacial de la información tanto histórica, como por efecto del cambio en los patrones del clima.

<sup>3</sup> Se refiere a las matrices probabilísticas de transición de la precipitación pluvial que son utilizadas junto con la función probabilística de densidad que define a esta variable en un proceso de generación de datos de lluvia de manera aleatoria (estocástica).

## MODELO DE CULTIVO

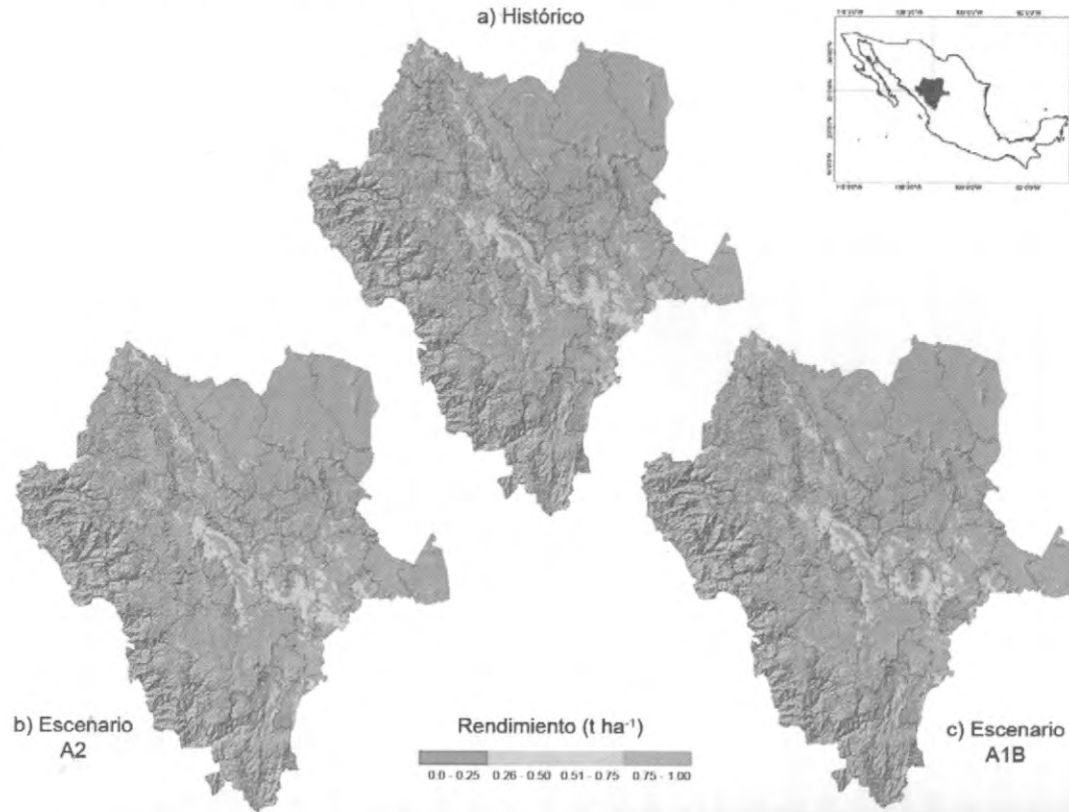
Para estimar el rendimiento del cultivo de frijol se utilizó el modelo Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC) (Huicong *et al.*, 2012; Williams 1995; Williams *et al.*, 1983). La calibración del modelo se efectuó considerando las condiciones medioambientales de la matriz obtenida en el paso II, el potencial productivo del cultivo (Díaz *et al.*, 2012; INIFAP, 2005) y las prácticas de manejo usuales para cada sitio de la región de estudio (Osuna *et al.*, 2011; Sánchez-Cohen *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2008; Acosta *et al.*, 2007; INIFAP, 2005). El modelo simuló de manera precisa los rendimientos del cultivo de frijol para los sitios analizados, los cuales fueron cotejados con los rendimientos promedio históricos reportados en el SIAP (2014).

Una vez calibrado el modelo, se estimó el rendimiento bajo condiciones de cambio climático, pero en lugar de utilizar la matriz de los datos históricos observados, se sustituyó por la matriz generada a partir de los escenarios climáticos regionales (A2 y A1B). Cabe precisar que los demás parámetros del modelo se mantuvieron constantes, por lo que sólo la parte climática fue la que se modificó. Sin embargo, el método permite modificar cualquier otra variable de interés dentro del modelo de cultivo tanto como el usuario lo requiera, por ejemplo: fecha de siembra, diferentes labores de cultivo, obras de conservación, etc., lo que extiende la posibilidad de exploración para identificar variaciones en el rendimiento o en cualquier otra variable de interés.

Para el estado de Durango, la superficie agrícola en promedio fluctúa en las 635 mil hectáreas (periodo 2003-2013), de las cuales, aproximadamente, 555 mil (87%) se establecen bajo la modalidad hídrica de temporal y el resto, 80 mil hectáreas, bajo la modalidad hídrica de riego (13%). De la superficie de temporal, en el ciclo primavera-verano del periodo 1999-2013 alcanzó un promedio anual cercano a 225 mil hectáreas sembradas con diferentes variedades de frijol, lo que representa el 45 % del total de la superficie sembrada bajo condiciones de temporal (SIAP, 2014).

La figura 9 muestra la distribución de los rendimientos históricos de frijol, los modelados bajo el escenario A2 y A1B, respectivamente. Bajo condiciones de cambio climático, comparando el escenario A2 con los rendimientos históricos, se espera que, aproximadamente, 111 mil hectáreas (49.3 %) mantengan su productividad promedio conservando las prácticas de cultivo tradicionales el cual oscila en 0.6 ton ha<sup>-1</sup>; por el contrario, aproximadamente, 108 mil hectáreas (48%) incrementarían su rendimiento en 0.12 ton ha<sup>-1</sup>; y, finalmente, en sólo tres municipios resultarían con decrementos en la productividad (6 mil ha) de aproximadamente 0.2 ton ha<sup>-1</sup> en la parte suroeste del estado.

Figura 9. Resultados del análisis del rendimiento del cultivo de frijol para el estado de Durango. Datos históricos y escenarios A2 y A1B regionalizados



Fuente: Elaboración propia.

Comparando el escenario A1B con los rendimientos históricos, la tendencia es similar; sin embargo, bajo este escenario se espera que alrededor de 126 mil hectáreas (56%) mantengan su productividad promedio, la cual oscila en 0.6 ton  $\text{ha}^{-1}$ , por el contrario, se esperaría que aproximadamente 94 mil hectáreas (41.7%) incrementaran su rendimiento en 0.13 ton  $\text{ha}^{-1}$  y de manera similar al escenario A2, sólo tres municipios resultaran con decrementos en la productividad de aproximadamente 0.2 t/ $\text{ha}^{-1}$ .

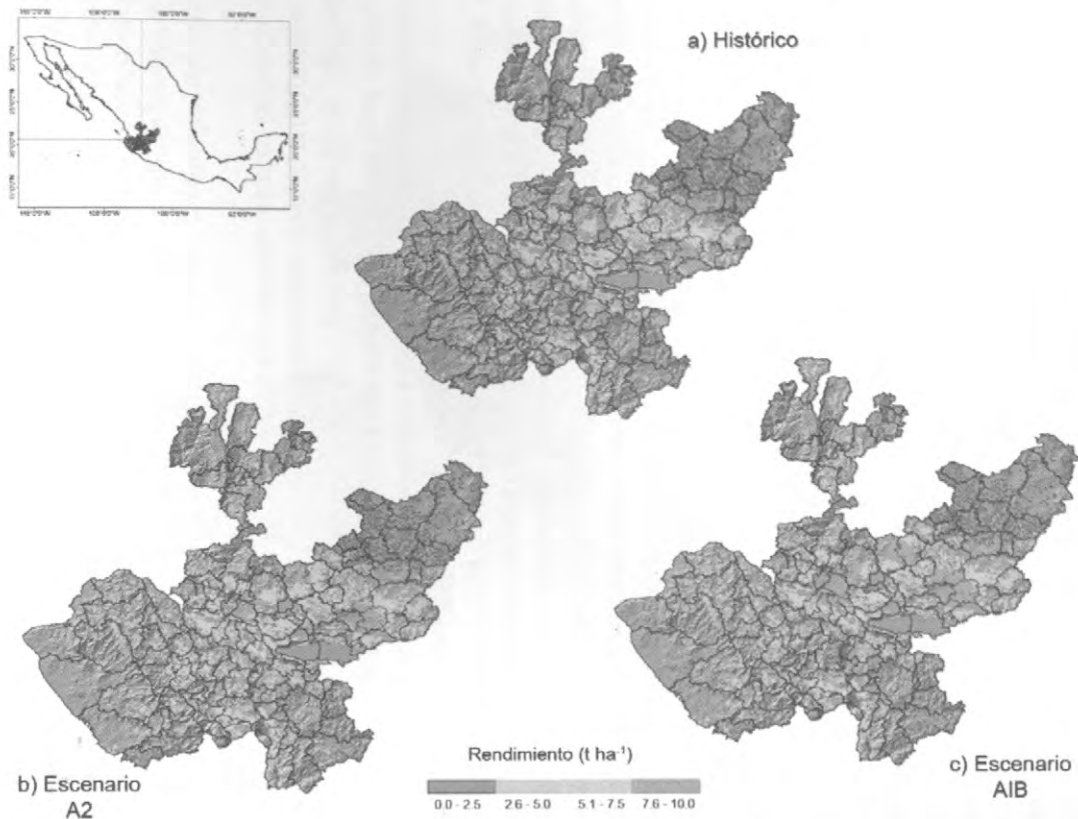
Referente al estado de Jalisco (figura 10), la superficie agrícola en promedio fluctúa en las 857 mil hectáreas, de las cuales el 91.6% (785,341 ha) están bajo condiciones de temporal y el 8.4% restante (71,858) bajo la modalidad hídrica de riego. De la superficie de temporal, el 73% se destina al cultivo de maíz, lo que lo ubica como el principal cultivo de producción a nivel estatal, ya que de 125 municipios que conforman el estado, 123 siembran el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal, lo que indica que prácticamente todo el estado desarrolla este cultivo (SIAP, 2014).

Para la modelación de rendimiento con base en las estadísticas de superficie sembrada, se eligieron solamente 32 municipios, los cuales comprenden aproximadamente 228,389 ha de cultivo en el estado. Los resultados indican que al comparar el escenario A2 con los rendimientos históricos, se espera que aproximadamente 19,819 hectáreas (9%) mantengan su productividad promedio, la cual oscila en 5.4 t/ $\text{ha}^{-1}$ ; por el contrario, se esperaría que 65,418 hectáreas (29%) incrementaran su rendimiento en 0.5 t/ $\text{ha}^{-1}$ ; y 137,152 ha resultaran con decrementos en la productividad de alrededor de 0.5 t/ $\text{ha}^{-1}$  (figura 12).

Asimismo, al comparar el escenario A1B con los rendimientos históricos, se espera que aproximadamente 19,046 hectáreas (9%) mantengan su productividad promedio, la cual oscila en 3 ton  $\text{ha}^{-1}$ ; por el contrario, se esperaría que aproximadamente 77,865 hectáreas (35%) incrementaran su rendimiento en 0.8 t/ $\text{ha}^{-1}$ ; y finalmente 125,479 ha resultarían con decrementos en la productividad de aproximadamente 0.5 t/ $\text{ha}^{-1}$ .

Estudios indican que altas temperaturas podrían eventualmente reducir el rendimiento de cultivos básicos, fomentando al mismo tiempo la proliferación de malezas y plagas (Kumar, 2012). Sin embargo, estos estudios, en los cuales se comparan diversos modelos y escenarios, indican a su vez reducciones en el rendimiento, pero las magnitudes difieren sustancialmente entre modelos (Nelson *et al.*, 2014). Con base en los modelos analizados y para los sitios estudiados, las predicciones en cuanto a rendimiento muestran que el potencial productivo tanto del cultivo de frijol como de maíz se mantendrá con oscilaciones en los valores promedio anual, si se utilizan las mismas prácticas de manejo. Al modificarse los patrones de clima,

Figura 10. Resultados del análisis del rendimiento del cultivo de maíz para el estado de Jalisco. Histórico y escenarios A2 y A1B regionalizados



Fuente: Elaboración propia.



el rendimiento en algunos sitios se incrementará y en otros disminuirá, la magnitud real dependerá de los procesos de mitigación que se emprendan tales como modificar fechas de siembra, cambio en patrones de cultivo y algunas prácticas de conservación de suelos y agua como la labranza mínima o labranza de conservación.

## ACCIONES PERTINENTES

La situación de disponibilidad de agua para todos los usos depende principalmente del crecimiento de la población, de la demanda por el crecimiento de las ciudades quienes requerirán del vital líquido para proveer del satisfactor a los habitantes y el incremento en el consumo con impactos en las fuentes de agua potable. Sin embargo, la expansión de la frontera agrícola, principal usuario de las reservas de agua a nivel mundial, está en la agenda de las naciones para solventar la creciente demanda de alimentos. En esta tesitura, resulta imperante contar con mecanismos robustos para la adecuada toma de decisiones que permitan el diseño de mecanismos de mitigación e integren acciones que incrementen la productividad del agua.

La ingeniería agronómica deberá analizar el potencial productivo de las especies cultivadas cuantificando el impacto en el rendimiento de los cultivos por concepto de los cambios en los patrones del clima. Cada especie tiene requerimientos agroclimáticos que tienen que ser satisfechos para lograr el potencial genético en el rendimiento de la especie y los requerimientos del cultivo de maíz (umbrales) que deberán ser satisfechos para pleno rendimiento. En la medida en que las variables se vean alteradas se afectará el rendimiento potencial del cultivo.

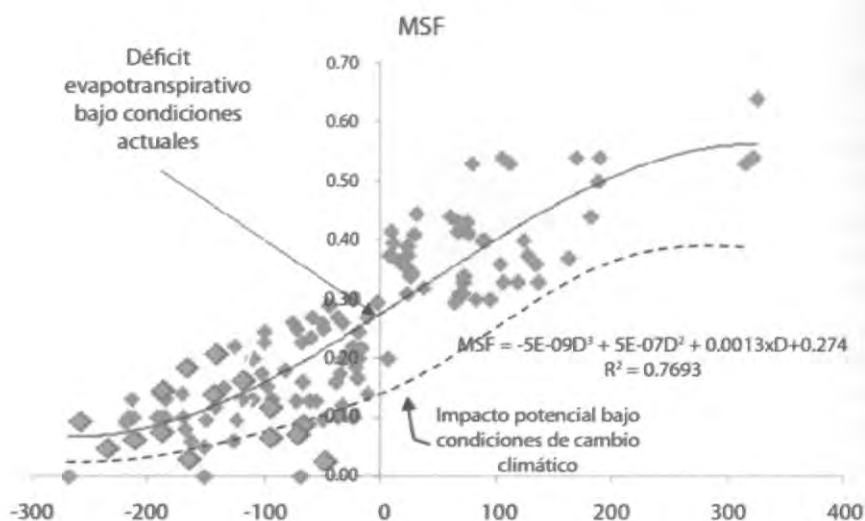
Un índice de factibilidad productiva es el factor de estrés hídrico (MSF), donde se analiza el desbalance entre precipitación "Pp" (oferta) y evapotranspiración potencial "ETO" (demanda). Si la diferencia de esta operación es positiva, quiere decir que la oferta es mayor a la demanda por lo que no debiera haber problema de abasto; al contrario, si esta relación es negativa significa que es necesario identificar acciones pertinentes para sobrellevar ese déficit hídrico. Un aspecto importante a considerar en este método es la variación temporal de las cantidades de precipitación. Es aquí donde las variaciones climáticas tienen su impacto en la producción de los cultivos.

La figura 11 muestra el MSF para el cultivo frijol, los puntos en el cuadrante positivo indican el MSF en regiones del país en las que la Pp es mayor a la ETo; los puntos en el cuadrante negativo indican el MSF cultivo en lugares donde la ETo

**Figura 11.** Factor de estrés hídrico (MSF) para el cultivo de frijol.

La variable independiente (x) es el déficit evapotranspirativo y la variable dependiente (y) es el índice de estrés MSF ( $MSF = \text{Rendimiento actual}/\text{Rendimiento máximo}$ ).

$$\text{Rendimiento final} = MSF * \text{Rendimiento máximo}$$



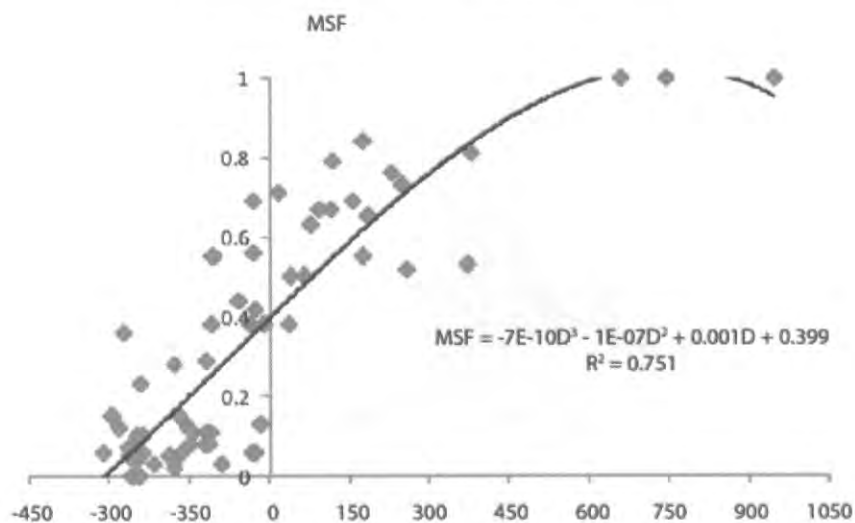
Fuente: Elaboración propia.

es mayor que la  $P_p$ . Si la diferencia entre estas dos variables es cero, quiere decir que no existe déficit ( $P_p \approx ETo$ ). Nótese, aun cuando el déficit hídrico es cero ( $P_p \approx ETo$ ) el rendimiento esperado no es 100% (cruce de la función sobre el eje de las “y”). Esto se debe a dos causas preponderantes: los productores no siguieron las labores agronómicas indicadas para la producción del cultivo o la variabilidad temporal de la precipitación no es “normal”, es decir, en el sitio precipitó la cantidad requerida (volumétricamente expresada), pero no en el tiempo que se requería (Sánchez-Cohen *et al.*, 2013). La curva punteada de la figura 11 indicará un ejemplo del probable desfasamiento de los rendimientos del cultivo bajo condiciones de cambio climático al ubicarse más casos, donde el MSF es negativo (puntos rojos en el cuadrante negativo), dados los impactos esperados en incremento en temperaturas con el consecuente incremento en la demanda evapotranspirativa y la reducción de precipitación pluvial en zonas de temporal en el país.

**Figura 12.** Factor de estrés hídrico (MSF) para el cultivo de maíz.

La variable independiente (x) es el déficit evapotranspirativo y la variable dependiente (y) es el MSF ( $MSF = \text{Rendimiento actual} / \text{Rendimiento máximo}$ ).

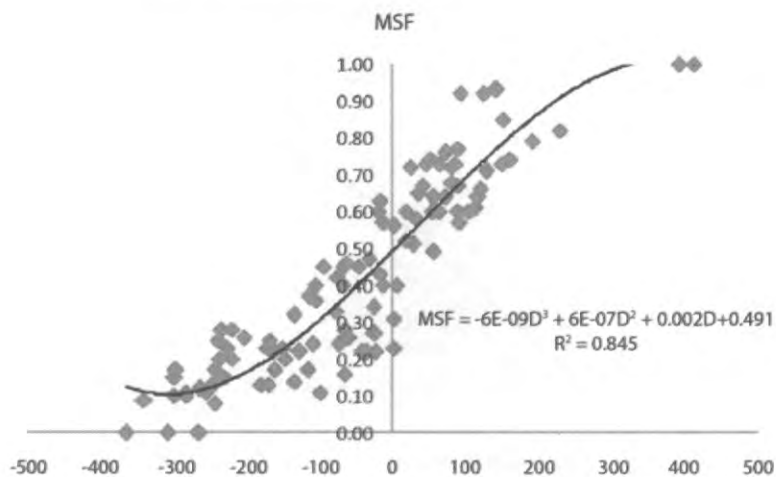
Rendimiento final =  $MSF \times \text{Rendimiento máximo}$



Fuente: Elaboración propia.

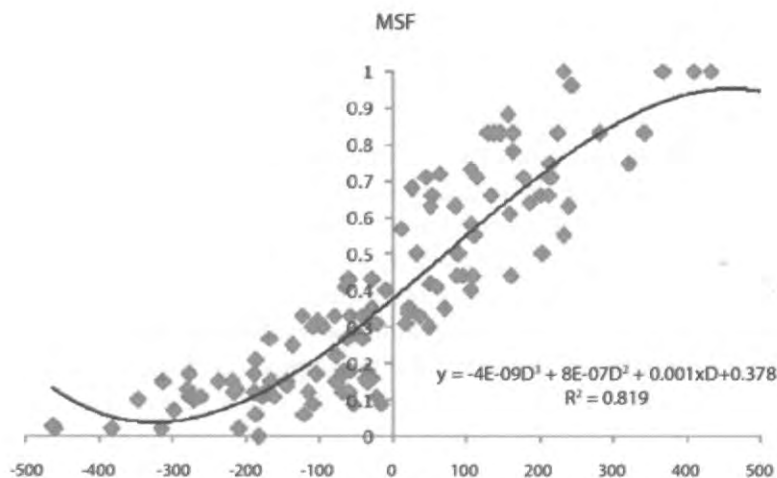
Con esta metodología se modeló el factor estrés hídrico en los principales cultivos que se siembran en las tierras de temporal en México y por ende, afectan a los productores más vulnerables. La figura 12 analiza el factor del estrés hídrico (MSF) en el maíz, que es nuestro cultivo básico y alimento principal. La figura 13 modela el MSF para el cultivo de la cebada, la figura 14 para el sorgo, ocupado básicamente como forraje. La figura 15 analiza los riesgos del estrés hídrico en el trigo y la figura 16 para la avena forrajera. Todas nuestras modelaciones muestran que el déficit evapotranspirativo está afectando y con un mayor impacto del cambio climático afectará aún más los rendimientos en tierras de temporal, con impactos severos en los ingresos de los campesinos, un aumento en su marginalidad y ante un dilema de supervivencia la emigración hacia zonas con mejores condiciones de vida.

**Figura 13.** Factor de estrés hídrico (MSF) para el cultivo de cebada.  
 La variable independiente (x) es el déficit evapotranspirativo y la variable dependiente (y) es el MSF (MSF = Rendimiento actual/Rendimiento máximo).  
 Rendimiento final = MSF\*Rendimiento máximo



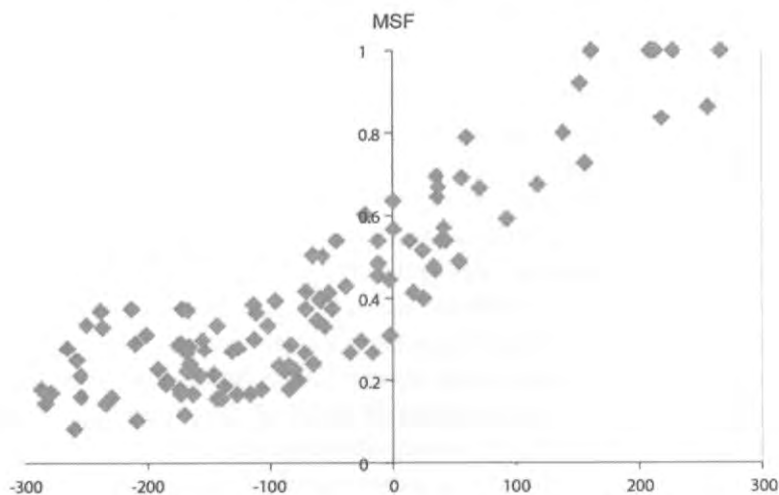
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14.** Factor de estrés hídrico para el cultivo de sorgo.  
 La variable independiente (x) es el déficit evapotranspirativo y la variable dependiente (y) es el MSF (MSF = Rendimiento actual/Rendimiento máximo).  
 Rendimiento final = MSF\*Rendimiento máximo



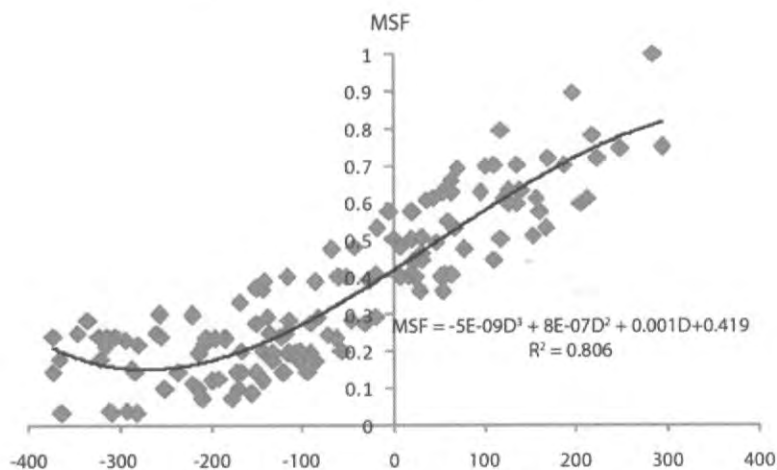
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 15.** Factor de estrés hídrico (MSF) para el cultivo de trigo.  
 La variable independiente (x) es el déficit evapotranspirativo y la variable dependiente (y) es el MSF ( $MSF = \text{Rendimiento actual} / \text{Rendimiento máximo}$ ).  
 $\text{Rendimiento final} = MSF * \text{Rendimiento máximo}$



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16.** Factor de estrés hídrico (MSF) para el cultivo de avena forrajera.  
 La variable independiente (x) es el déficit evapotranspirativo y la variable dependiente (y) es el MSF ( $MSF = \text{Rendimiento actual} / \text{Rendimiento máximo}$ ).  
 $\text{Rendimiento final} = MSF * \text{Rendimiento máximo}$



Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIÓN

Los impactos del cambio climático global son innegables y se han hecho evidentes en la respuesta de diversas variables hidrológicas y sociales a las alteraciones climáticas. En las primeras, es de esperarse afectaciones en las tasas de precipitación y el consecuente escurrimiento, aunque éste está íntimamente ligado a la cubierta vegetal, tipo de suelo y fisiografía; así también, la afectación en tasas de evapotranspiración por el incremento en temperaturas y la disponibilidad de agua para todos los usos. Los eventos extremos han adquirido también importancia mundial debido al incremento en su intensidad y capacidad de causar daño. En la segunda, la emigración forzada por cuestiones climáticas ha sido documentada y está fuertemente ligada a la vulnerabilidad de las poblaciones y a la pobreza. También, acorde con los modelos utilizados, se prevén afectaciones en las probabilidades de ocurrencia de lluvias que significaría cambios en los patrones de prácticas de manejo de los cultivos como las fechas de siembra. Esto modificará el esquema productivo de los productores de las regiones afectadas. De hecho, un retraso en el temporal de verano implicaría un alto riesgo de afectación de los cultivos por heladas tempranas.

En el aspecto social, destaca la vulnerabilidad de las zonas marginales a los cambios en patrones climáticos. En las sierras convergen altos grados de marginalidad y eventos extremos de sequías, mismas que al presentarse de manera reiterada, junto con otros eventos extremos como heladas, impulsan la emigración hacia regiones climáticamente más estables. De manera empírica, en varios estados del país se puede constatar la presencia de indígenas en las ciudades que han abandonado sus lugares de origen, motivados por diferentes causas dentro de las cuales, se ha añadido ahora el clima. También, en el sur y sureste del país varias personas han emigrado hacia el centro del país u otros estados, tras los embates extremos de los huracanes en años recientes.

El diseño de mecanismos de mitigación es parte preponderante en el manejo del cambio climático, complementado con estrategias de adaptación. En este sentido, el uso racional de los recursos naturales debe ser el paradigma de los planes en el contexto. El incremento en las eficiencias de uso del agua es crucial, pues la agricultura consume más del 77% de las reservas. En México, los distritos de riego no alcanzan eficiencias mayores al 40%. Por otro lado, el dispendio de agua en usos no esenciales en las ciudades debe ser controlado y normado. La participación social es indispensable para que los planes vayan más allá de ser intenciones de gobierno y se lleven a cabo más por convicción que por leyes.

Como se ha señalado, la producción en las zonas áridas de México está sujeta a una alta incertidumbre climática (principal efecto del cambio climático en términos de la dificultad en la predicción de variables climáticas debido a la gran aleatoriedad afectada por las condiciones cambiantes del clima) caracterizada por lo errático de la precipitación pluvial. La herramienta más eficaz con que la ciencia moderna cuenta para enfrentar esta situación es la modelación de procesos en los que se estudian las relaciones causa-efecto mediante ecuaciones matemáticas complejas que describen, o tratan de describir, los fenómenos que afectan la climatología en general. Estos algoritmos consideran las perturbaciones atmosféricas en los océanos y en los continentes que derivan en impactos globales causados por el incremento en gases de efecto de invernadero (GEI) que, a su vez, son los causantes directos del incremento en las temperaturas.

La modelación de procesos se sustenta en la cuantificación del riesgo agroclimático mediante el balance de humedad en el suelo, dada las características climatológicas del sitio y las condiciones climáticas históricas. El balance de agua en el suelo cuantifica los movimientos del agua para un periodo de tiempo en particular. En agricultura es deseable realizar este balance en forma diaria, como una forma conveniente de identificar periodos de déficit o exceso de humedad, que a su vez servirá para calendarizar riegos, zonificar cultivos en áreas de temporal y cuantificar el riesgo hídrico en relación con las necesidades de los cultivos.

Cuando la disponibilidad de lluvia no es suficiente para abastecer el requerimiento hídrico de los cultivos, es necesario incursionar en nuevos esquemas que permitan incrementar la probabilidad de obtener producción. Uno de esos esquemas es el estudio de la potencialidad agroclimática de la región para producir nuevas especies. Un estudio de potencial productivo de una especie en una región determinada requiere de dos procesos básicos:

- a) la definición precisa de los requerimientos agroecológicos del cultivo de interés y,
- b) el contraste de éstos con las condiciones que oferta el medio ambiente de un lugar específico.

En la medida que los requerimientos de los cultivos vs la oferta de la naturaleza se separen, en esa medida el potencial de producción se reduce como se ha mostrado en el presente documento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, G. J. A.; Rosales, S. R.; Ibarra, P. F. J.; Guzmán, M. S. H.; Padilla, R. J. S.; Cuéllar, R. E. I. y Pérez, H. P. (2007). *Pinto Durango, nueva variedad de frijol para el altiplano de México*. Folleto técnico, núm. 31. ISBN: 978-970-43-0302-0. Campo experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP. Durango, Dgo.
- Acuña, S. R., Stahle and M. K. Cleveland (2012). Mega drought and mega death in the 16<sup>th</sup> century in Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 8(4): 360-362.
- Arreguín C. F. (2008). *La política pública y el cambio climático: el ciclo hidrológico de México*, ponencia presentada en la reunión de la Asociación Mexicana de Hidráulica: Efectos del cambio climático y su impacto potencial en los recursos hídricos de México. Comisión Nacional del Agua, enero 2008, México DF.
- Comisión Nacional del Agua (2012). *Atlas digital del agua, México 2012*. Sistema Nacional de Información del Agua.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2002). *Índice de intensidad migratoria México – Estados Unidos*. México: CONAPO.
- Díaz P. G., Guajardo P. A. R., Medina G. G., Sánchez C. I., Soria R. J., Vásquez A. J. M. P., Quijano C. J. A., Legorreta P. F., Ruiz C. J. A. (2012). *Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México*. Publicación especial, núm. 8. ISBN: 978-607-425-766-3.
- Esquivel Arriaga (2011). *Efecto del cambio en los patrones del clima sobre el rendimiento de los cultivos*, tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México.
- Fourth World Water Forum (2006). *Regional and Thematic Documents*. México.
- Gassert, F., M. Luck, M. Landis, P. Reig, y T. Shiao (2013). *Aqueduct Global Maps 2.0*. Working paper. Washington, DC: World Resources Institute. <<http://wri.org/publication/aqueduct-global-maps-20>>.
- Hejazi M, J Edmonds, L Clarke, P Kyle, E Davies, V Chaturvedi, M Wise, P Patel, J Eom y K Calvin (2014). Integrated assessment of global water scarcity over the 21st century: Global water supply and demand under extreme radiative forcing. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18: 2859-2883. DOI: 10.5194/hess-18-2859-2014.
- Huicong J., Jingai W., Chunxiang C., Donghua P. y Peijun S. (2012). Maize drought disaster risk assessment of China based on EPIC model. *International Journal of Digital Earth*, vol. 5, núm. 6: 488-515.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2005). *Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo experimental "Valle del Guadiana"*, 3a ed. Durango, Dgo. México. ISBN: 968-800-635-1.



- IPCC (2014). *Summary for Policymakers*. En [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. von Stechow, T. Zwicker y J.C. Minx (eds.)], *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y Nueva York, NY, USA.
- Kumar, S. V. (2012). Climate change and its impact on agriculture: A review. *International Journal of Agriculture Environment & Biotechnology*, vol 5, núm. 3: 297-302.
- Magaña, R. V. O. (2010). *Guía para generar y aplicar escenarios probabilísticos regionales de cambio climático en la toma de decisiones*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF.
- Martínez, G. M. A.; Osuna C. E. S.; Padilla R. J. S.; Acosta, G. J. A. y Loredó, O. C. (2008). *Tecnología para la producción de frijol en el norte-centro de México*. Libro técnico, núm. 4. ISBN: 978-607-425-030-5. Campo experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 206 pp.
- Nelson, G. C.; Mensbrughe, D.; Ahmadd, H.; Blance, E.; Calvin, K.; Hasegawa, T.; Havlik, P.; Heyhoe, E.; Kyle, P.; Lotze-Campen, H.; Lampe, M.; d'Croza, D. M.; Meijlk, H.; Mülleri, C.; Reilly, J.; Robertson, R.; Sands, R. D.; Schmitz, C.; Tabauk, A.; Takahashi, K.; Valin, H. y Willenbockel, D. (2014). Agriculture and climate change in global scenarios: Why don't the models agree? *Agricultural Economics*, vol. 45: 85-101.
- Osuna, C. E. S.; Acosta, G. J. A.; Reyes, M. L.; Martínez, G. M. A.; Padilla, R. J. S.; Ventura, R. E.; González, G. E.; Cortés, C. M. A.; Garibaldi, M. F. y Hernández, R. I. (2011). *Tecnología para incrementar la producción de frijol de temporal en el altiplano semiárido de México*. Folleto para productores, núm. 44. ISBN: 978-607-425-562-1. Campo experimental Pabellón CIRONOC-INIFAP. Pabellón de Arteaga, Ags.
- Oswald Spring, Ú. (2008a). *Key elements of environmental induced migration: A mesoamerican and mexican vision*. UNU-EHS. 16 pp.
- Oswald Spring, Ú. (2008b). *Gender and disasters. Human, gender and environmental security: A HUGE Challenge*. UNU-EHS Source, no 8. Bonn.
- Prager E. J. y Earle, S. A. (2001). *Los océanos. Un llamado a la conciencia mundial*. McGraw Hill. 382 pp.
- Sánchez-Cohen I. (2005). *Fundamentos para el aprovechamiento integral del agua. Una aproximación de simulación de procesos*. Libro Científico No. 2 INIFAP CENID RASPA, 272 p. Gómez Palacio Durango, México.
- Sánchez-Cohen I., G. Díaz P., J. Villanueva D., J. D. Venabides, J. L. González B., G. González C., Ghani Chebhouni, P. Heilman, R. Mann y J. Estrada Avalos (2007). *Integrated water management in Mexico: Building a framework for research*. Ponencia presentada en el Annual Meeting of the Agricultural Research Service. USDA ARS. Tampa Florida.

- Sánchez-Cohen, I., U. Oswald Spring; M. Velásquez Valle; G. Díaz Padilla y R. Guajardo Panes (2013). Impacto social de alteraciones climáticas. *Revista Chapingo*, serie Zonas Áridas. doi: 10.5154/r.rchsa.2012.06.024.
- Sánchez-Cohen, I.; Ojeda, B. W.; Chebhouni, E.; Orona, C. I.; Villanueva, D. I.; González, B. J. L y González, C. G. (2008a). Variabilidad climática en México: algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos. *Ingeniería hidráulica en México*, vol. XXIII, núm. 4: 5-24.
- Sánchez-Cohen, I.; Díaz, P. G.; Estrada, A. J. y Cueto, W. J. (2008b). Incertidumbre climática y toma de decisiones. Consideraciones de riesgo y vulnerabilidad social. Folleto Científico, núm. 25: 55 pp. INIFAP CENID RASPA.
- Sánchez-Cohen, I.; M.A. Inzunza I., E. Catalan V., J. L. González B. G. González C. y M. Velásquez V. (2012). Variabilidad climática y productividad agrícola en zonas con errático régimen pluvial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol 3. núm. 4.
- Sánchez-Cohen I., J.L. González Barrios, G. Díaz P. y M. A. Velásquez V. (2009). Cambio climático e incertidumbre: impacto en las variables hidrológicas de las cuencas. En J.L. González Barrios e I. Sánchez Cohen (eds.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas: Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Sánchez-Cohen I., M.A. Velásquez Valle, E. A. Catalán V., M.A. Inzunza I., G. Esquivel A., P. Bueno H y G. Díaz P. (2013). Modelo de balance hídrico como apoyo a toma de decisiones en zonas agrícolas bajo incertidumbre climática. *Folleto Técnico*, núm. 28. INIFAP-CENID RASPA. Gómez Palacio Durango, México. 53 pp.
- Sánchez-Cohen I., G. Díaz Padilla, M. Teresa Cavazos P., G. R. Granados R. y E. Gómez R. (2011). *Elementos para entender el cambio climático y sus impactos*. México: Porrúa. 167 pp.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2014). SIIGAP, aplicación web para generar y visualizar mapas de producción del sector agroalimentario y pesquero. <<http://www.cmgs.gob.mx:8080/mapasdinamicos/>>.
- Tiscareño, L. M. (2006). *Hurricane activity and droughts in Mexico*. Ponencia presentada en el North American Drought Monitor International Meeting. National Weather Service.
- Williams, J.R. (1995). The EPIC Model. En Singh, V.P. (ed.), *Computer models of watershed hydrology*. Highlands Ranch, USA: Water Resources Publications: 909-1000.
- Williams, J. R.; Renard, K. G. y Dyke, P. T. (1983). EPIC: A new method for assessing erosion's effect on soil productivity. *J. Soil Water Cons.*, 38(5): 381-383.
- 4th World Water Forum (2006). *Will the 4th World Water Forum increase water security? Official Delegate Publication*. Ciudad de Mexico, 207 pp.

Zermeño, D. D. M. (2008). *Análisis probabilístico de escenarios escalados de precipitación y temperatura bajo cambio climático en México*, tesis. Unidad Académica de los ciclos profesional y de posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades. Posgrado en ciencias de la Tierra. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.

# RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, 'MINERÍA URBANA' Y CAMBIO CLIMÁTICO\*

---

*Gian Carlo Delgado Ramos\*\**

## Resumen

Se inicia con una introducción a los actuales patrones de consumo y generación de desechos y su composición, delineando los retos de su gestión y anunciando su potencial en la mitigación del cambio climático, entre otros aspectos ambientales y de salud pública. Se presenta la cuestión del cambio climático desde la perspectiva del metabolismo urbano para, posteriormente, analizar el potencial de mitigación mediante la minería urbana de los materiales recuperables en múltiples marcos temporales de planeación y para el caso de ciertas ciudades latinoamericanas, particularmente la Ciudad de México vista desde el contexto nacional. Se cierra con una breve reflexión en torno a la complejidad que rodea el reto de la gestión integral y socioecológicamente más armónica de los residuos urbanos, y sobre la utilidad de la perspectiva del metabolismo urbano y la ecología política urbana para enfrentar tal reto.

## INTRODUCCIÓN

La cantidad de desechos generados a nivel mundial es de 2.5 a 4 mil millones de toneladas métricas anuales, ello sin incluir aquellos residuos recolectados de la

---

\* Texto derivado de los resultados del proyecto de investigación CEIICH-PINCC sobre "Valoración del metabolismo urbano en la Ciudad de México y sus impactos socioeconómicos frente al cambio climático", terminado en julio de 2014.

\*\* Investigador de tiempo completo del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

construcción, demolición, minería y agricultura. Se excluye, además, una cantidad mucho mayor de basura generada que no es recolectada o que, en su caso, es gestionada de manera ilegal o fuera de los circuitos convencionales.

La amplitud de los datos indicados responde a diversas cuestiones, en especial a la definición de desechos usada y, por tanto, del tipo de residuos incluidos en la contabilidad, de la disponibilidad de información y su calidad, así como de los supuestos y modelos empleados en las estimaciones.

Las dimensiones del flujo de desechos tienen directa correspondencia con la capacidad de poder adquisitivo, de ahí que haya una correlación proporcional, entre el incremento del PIB, el consumo energético y material y la generación de residuos. Dicho de otro modo, el incremento del metabolismo social (Fischer-Kowalski y Haberl, 2000), o del consumo de energía y materiales, se refleja tanto en el aumento del uso total de recursos naturales como en la generación de residuos de todo tipo. Por lo dicho, es relevante dar cuenta del dinamismo metabólico de la humanidad.

En el último siglo mientras la economía aumentó más de 20 veces y la población sólo cuatro veces, el consumo promedio de energía lo hizo 12 veces, el de metales 19 veces y el de materiales de construcción hasta 34 veces (caso del cemento) (Krausmann *et al.*, 2009). El flujo de residuos también aumentó, siendo los datos de residuos sólidos municipales —de los más completos y finos en generación de residuos con que se cuenta— útiles para una primera aproximación: sólo en medio siglo casi se cuadruplicó la generación de ese tipo de residuos, al pasar de 360 millones de toneladas en 1960 a 1.16-1.3 mil millones de toneladas en 2010 / 2011 (Lacoste y Chalmin, 2006; Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).<sup>1</sup> Tal cifra se espera se duplique en 2025 puesto que se calculan para entonces unos 2.2 mil millones de toneladas anuales (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

En este contexto resulta notorio que el estadounidense promedio genere más basura que cualquier otro habitante del planeta. El país norteamericano con sólo 5% de la población mundial es responsable del 25% de la generación mundial de basura (Humes, 2012: 9). Genera 389.5 millones de toneladas de residuos sólidos o 18 veces el peso de la población adulta de ese país.<sup>2</sup> Lo anterior significa que cada estadouni-

<sup>1</sup> Del monto de residuos municipales generados hoy día, 300 millones de toneladas fueron recicladas (incluyendo composta), 200 millones de toneladas quemadas con algún sistema de recuperación de energía, 200 millones se dispusieron en rellenos sanitarios, y las restantes 800 mil millones toneladas se desecharon al aire libre.

<sup>2</sup> El dato oficial reconoce 250 millones, pero se deben sumar unos 140 millones de toneladas, desechos adicionales que no son contabilizados pues son generados de manera irregular/ilegal (Humes, 2012: 7).

dense arroja unos 2.5-3.5 kilos al día o una media de 102 toneladas de basura a lo largo de su vida (*Ibid.*: 4-5).<sup>3</sup> Cabe precisar la tendencia ascendente de generación de basura en ese país pues aumentó en el orden de un tercio de 1980 al 2000, y en casi el doble de 1960 al 2000; esto es, 50% más que cualquier otro habitante con un estándar de vida similar (Austria, Dinamarca o Alemania) (*Ibid.*: 5).

En el proceso, destaca la aparición y generación cada vez más intensa de ciertos residuos como lo es el caso de los plásticos y en sí de los polímeros en todas sus variantes, pues a finales de la década de los años sesenta, constituían el 0.4% del total de residuos de EUA en términos de peso (recuérdese que se trata de uno de los residuos más ligeros), pero, para el 2000, esa proporción había aumentado en más de 63 veces. Y la tendencia es igual a nivel mundial, pues el plástico, sólo después del papel y el cartón, se coloca en términos de peso como el residuo de mayor presencia en la composición de la basura de principios del siglo XXI (cuadro 1). Desde luego, ello se debe a la irrupción de innovaciones tecnológicas de parte de la industria de plásticos y polímeros con la aparición del vaso plastificado en 1944; de la bolsa de polietileno en 1957; de la primera pluma plástica desechable (Bic) y de los primeros rastrillos desechables, ambos en 1960; o de la introducción de los envases de PET por parte de DuPont en 1964; entre otras.

A los datos antes expuestos se suman los residuos de la industria, la cual aporta la gran mayoría: unas 35 toneladas per cápita al año para el caso de EUA (alrededor de 2,700 toneladas a lo largo de la vida de cada estadounidense) (Humes, 2012: 9). Tal situación claramente eleva las 102 toneladas per cápita de basura directamente generada por cada estadounidense de modo considerable.

Cifras para otros países desarrollados tampoco son tan alentadoras, aunque la capacidad de su gestión, reúso y reciclaje ciertamente varía. Por ejemplo, mientras en EUA se recicla o recupera el 34.7% de los residuos y se incinera el 11.7%, aparentemente todo con recuperación de energía (epa.gov); en la UE28, se recicla o recupera el 45.5% y se incinera el 11.6%, del cual sólo 6.2% es con recuperación energía (eurostat.europa.eu).

En México, la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) se estima en el orden de 102.8 mil toneladas diarias o 852 gr per cápita al día, siendo la región noroeste la más contaminadora con un valor de 1.54 kg per cápita al día (INECC, 2012: 15, 18). La recolección de los mismos asciende sólo al 83.9% del total gene-

<sup>3</sup> Para propósitos comparativos, en México, el promedio de emisión per cápita a nivel nacional se calcula en 852 gramos per cápita al día (INECC, 2012: 17).

**Cuadro 1.** Composición actual de los flujos de residuos a nivel mundial y regional (porcentajes por tipo de material)

Material	Composición material por tonelada de residuo sólido municipal						
	Promedio Europa Central	Promedio EUA	Promedio China	Promedio India	Promedio África	Promedio América Latina	Promedio Mundial
Papel	22.88%	28%	9%	8%	7.63%	15.91%	15.24%
Plástico	10.5%	12.4%	13%	9%	5.75%	13.18%	10.64%
Aluminio	2.6%	6%	0.6%	0.6%	1.46%	1.57%	2.14%
Acero	1.3%	3%	0.4%	0.4%	0.73%	0.78%	1.1%
Vidrio	8.75%	4.6%	2%	1%	2.07%	3.73%	3.69%
Biomasa	34.88%	27%	65%	48%	63.41%	49.27%	47.93%

Fuente: Con base en ISWA (2009); Hoornweg y Bhada-Tata (2012); y datos oficiales de la EPA (EUA) y al NSWAI (India).

rado, siendo sólo el 9.1% recolección selectiva (*Ibid.*: 24). Mientras que la Ciudad de México, el Estado de México y Jalisco generan la tercera parte de los residuos del país, Querétaro, Jalisco y Nuevo León son en cambio los estados que registran el mayor porcentaje de recolección selectiva: 57%, 40% y 30%, respectivamente (*Ibid.*: 24 y 30). La Ciudad de México y el Estado de México sólo anotan 18% y 15%, respectivamente.

Del total recolectado se recicla el 9.2%, esto es, 3,823 toneladas al día por pepena, 1,346 toneladas al día en plantas especializadas, y 4,366 toneladas al día recicladas directamente por la industria (*Ibid.*: 25). No deja de ser relevante que de las casi 81 mil toneladas que van a disposición final cada día, 16.3 mil toneladas o el 15.9% del total generado se hace a cielo abierto (*Ibid.*).

De modo similar a México, la falta de información, la limitada capacidad de recolecta, gestión y aún más de reciclaje, son constantes también en el resto de países en desarrollo o pobres. Los mayores esfuerzos —o la falta de éstos— se registran a nivel municipal en tanto que es a dicha escala donde concretamente se vive el problema independientemente de si se trata de municipios urbanizados o rurales, pues mientras en los primeros se genera el grueso de residuos, en los segundos se disponen muchos de ellos o se generan otros asociados con la producción de alimentos o extracción de materiales en su mayor parte a ser consumidos por los asentamientos urbanos.

La necesidad de tomar medidas acordes responde no sólo a cuestiones ambientales y de salud pública, sino también y de manera más recientemente como medida de mitigación del cambio climático en tanto que los residuos sólidos orgánicos generan metano mientras que la quema no controlada de residuos emite gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos.

Se estima que en los últimos 40 años las emisiones de metano generadas por el sector residuos se duplicaron, ello sin considerar las condiciones climáticas y microclimáticas del suelo. Así, se pasó de poco menos de 350 mil Gg CO<sub>2</sub>e en 1970 a poco más de 600 mil Gg CO<sub>2</sub>e al año en 2010 (JRC/PBL, 2012).

## METABOLISMO URBANO, RESIDUOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los espacios urbanos, principales emisores de residuos y contaminantes en general, pueden analizarse como sistemas abiertos a los flujos de materiales y energía; esto es que toman energía y materiales fuera del sistema (urbano) y que desechan energía disipada y materiales degradados. (véase el capítulo 11 de este mismo libro; también léase, entre otros: Kennedy, Pinceti y Bunje, 2011; Zhang, 2013 y Delgado 2013a y 2015).

Se trata pues de un proceso entrópico —de degradación de la energía y la materia— visible en el deterioro de la infraestructura y que se acelera conforme se extiende la capa urbana pero también a causa de la existencia de infraestructura no apta, dígase, frente a los efectos del cambio climático; todo en un contexto en el que, además, los flujos se retroalimentan en el tiempo y en el espacio, complejizando y a veces hasta imposibilitando, por diversos factores, los mecanismos de obtención de materiales y energía y de expulsión de desechos.

El creciente metabolismo urbano es, pues, central, en el contexto en el que el análisis del estado de situación actual y de su proyección futura nos permite modelar rutas más o menos eficientes en el uso de los recursos y en la generación de residuos y así enfocar esfuerzos.

Con respecto a estos últimos, es bien sabido que como consecuencia de la creciente generación de residuos y debido a la escasa o insuficiente gestión para la recuperación y el reciclaje, los espacios de disposición final se están reduciendo. De modo similar, las opciones para emplazar nuevos depósitos son cada vez más limitadas y socioambientalmente más cuestionadas o socialmente en disputa. La incineración de basura, por su parte, ha resultado costosa tanto económica como



ambientalmente, pues se generan grandes cantidades de cenizas que también se tornan en un material del que hay que disponer adecuadamente.

Así, en el planteo de soluciones, resulta fundamental tomar nota de las leyes de la termodinámica, y en particular en lo referente a la materia. Y es que debe recordarse que ésta tiende a disiparse en un ritmo u otro, no obstante, a diferencia de la energía, la materia puede ser reordenada siempre con costo energético de por medio. Esto es, el reciclaje —como todo proceso de gestión de la basura— no es energética y ambientalmente gratuito. Siempre tendrá un costo aunque en muchos casos menor que el correspondiente a la obtención de materiales “frescos”. Por tanto, la mejor y más eficiente medida de manejo de residuos es evitar su generación.

Evitar generar basura implicaría la relativa reducción de los patrones de consumo y por tanto la ruptura con la idea del consumismo como signo de bienestar y prosperidad, todo al tiempo que obligaría la implementación de un conjunto de acciones complementarias, pero no por ello menos relevantes, como lo es la extensión del tiempo de vida de los productos, el ajuste del diseño de los mismos para un uso menor y un reciclaje mayor de materiales, el reuso de materiales, etcétera.

En lo que respecta a los RSU, un primer paso ciertamente es la ampliación del reuso y el reciclaje de materiales multitemporal y espacialmente planificado. Y es que con un mundo mayoritariamente urbano, los RSU más allá de ser meramente basura, cada vez más se vuelven importantes reservas de materiales que pueden ser minados no sólo mediante el reciclaje de los flujos inmediatos de salida de materiales, sino, además, a partir de la disposición y concentrado de sustancias para hacerlas técnica y económicamente viables en el futuro próximo (Baccini y Bruner, 2012).

La minería urbana requiere entonces de un conocimiento fino sobre el proceso metabólico de los materiales dentro de los sistemas urbanos para poder planificar en el tiempo y el espacio su momento de salida, potencial reuso o reciclaje inmediato o posterior. Demanda por tanto el manejo precautorio y planificado en el tiempo y el espacio, considerando cantidades, cualidades y la complejidad de los residuos (en términos de las sustancias que los componen), una perspectiva distinta al típico manejo de residuos que se ocupa de gestionar los flujos inmediatos de residuos de manera lineal, procurando en un grado u otro ciertas medidas de reciclaje y recuperación de materiales y de energía incorporada (vía incineración, por ejemplo).

Por lo dicho, se torna clave conocer cuáles son los principales materiales que están acumulados en viejos asentamientos o infraestructuras cuya vida útil está por terminar. Se trata de un *stock* de materiales (y sustancias tóxicas) que excede el total de residuos hoy día producidos (Baccini y Bruner, 2012) y que en efecto es

mucho mayor en los países desarrollados que en los países en desarrollo (Graedel *et al.*, 2010). En tal sentido, se puede afirmar que mientras los asentamientos urbanos emergentes demandarán cada vez mayores recursos frescos, los asentamientos consolidados podrán aprovechar su *stock* existente desarrollando rutas de minería urbana, en especial de materiales clave como papel y cartón, plásticos y metales (hierro, acero, aluminio, y cobre); ello pese a ser tan sólo una pequeña proporción de cara a los silicatos y carbonatos que constituyen entre el 80% y el 90% del *stock* de las ciudades en términos de volumen (Baccini y Burner, 2012).

El cuadro 2 muestra estimaciones del potencial de la minería urbana en términos de reducción de emisiones de efecto invernadero. El potencial de mitigación para la región va de 500 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e a 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e. Materiales como el papel y cartón, plástico y aluminio figuran como los de mayor potencial en términos de mitigación de emisiones.

En el caso de la Ciudad de México, el flujo de residuos sólidos urbanos recolectados asciende a unas 12.6 mil toneladas métricas al día (60% inorgánico). De éstos, sólo 4% del total de la biomasa generada en 2011 fue transformada en composta, mientras que 35% de los residuos inorgánicos fueron reciclados. Según se informa, los porcentajes de reciclaje por material fueron 90% los metales ferrosos, 75% vidrio, 48% metales no ferrosos, 39% cartón, 35% latas, 15% papel y 23% plásticos (sin contar PET, PELD, PEHD, PP, PS y PC que son considerados residuos de manejo especial) (SMA-DF, 2011).

El potencial de mitigación por emisiones ahorradas o evitadas a partir de la minería urbana del 100% de los principales materiales recuperables de los residuos sólidos generados se estima podría ser entre 1.7 y 3.32 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, equivalente al 3.3% y 6.5% del total de emisiones de la Ciudad de México del año 2008 (cuadro 3). El potencial acumulado de 2010 a 2025 sería de 23 a 47 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, pero, por supuesto, éste dependería del porcentaje efectivamente minado, la tecnología de reciclaje empleada y si los residuos son o no incinerados y, en su caso, si se implementan sistemas de recuperación de energía.

A los residuos anteriores se suman unas 6,974 toneladas diarias de residuos de la construcción, de las cuales 419 o 6% son recicladas (con base en datos de 2008) (SMA-DF, 2008 y 2011). El total de materiales de construcción reciclados de 2005 a 2011 sumó así 1.07 millones de toneladas (*Ibid.*). Debe precisarse que de esos 2.5 millones de toneladas de residuos de la construcción generados cada año, cerca de la mitad se disponen sin control alguno, de ahí que se identifiquen al menos 168 tiradero clandestinos de ese tipo de residuos, 36 de los cuales son de gran

**Cuadro 2.** Potencial de mitigación de la minería urbana en ciertas ciudades latinoamericanas

Material	Potencial de ahorro por tonelada de RSU en kg CO <sub>2</sub> e (Promedio de AL)	Potencial de ahorro de emisiones asumiendo el 100% del minado de materiales con base en datos de generación de RSU de 2010. (millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e)				
		Buenos Aires (1,825,000 tons) <sup>1</sup>	Río de Janeiro (2,187,026 tons) <sup>2</sup>	Sao Paulo (3,629,144 tons) <sup>2</sup>	Bogotá (2,372,500 tons) <sup>3</sup>	Lima (3,262,625 tons) <sup>4</sup>
Papel y cartón	397-95	0.724-0.173	0.868-0.208	1.44-0.344	0.942-0.225	1.295-0.310
Plástico	131-0	0.239-0	0.286-0	0.475-0	0.310-0	0.427-0
Aluminio	157	0.286	0.343	0.570	0.372	0.512
Acero	15	0.027	0.032	0.054	0.035	0.049
Vidrio	18	0.033	0.039	0.065	0.042	0.058
Biomasa	25	0.045	0.054	0.09	0.059	0.081
	Total	1.354-0.564	1.622-0.676	2.694-1.123	1.76-0.733	2.422-1.01

Total de RSU: <sup>1</sup> <[www.buenosaires.gov.ar](http://www.buenosaires.gov.ar)>; <sup>2</sup> <[www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)>; <sup>3</sup> <[www.alcaldiabogota.gov.co](http://www.alcaldiabogota.gov.co)>; <sup>4</sup> <[www.sinia.minam.gob.pe/public/docs/337.pdf](http://www.sinia.minam.gob.pe/public/docs/337.pdf)>.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de entidades oficiales locales.

**Cuadro 3.** Potencial de mitigación de GEI por minería urbana de RSU en la Ciudad de México

Material	Potencial de mitigación por tonelada de RSU generada en México* (en kg de CO <sub>2</sub> e)	Potencial de mitigación para la Ciudad de México, asumiendo 100% del reciclaje de los materiales recuperables (millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e)	
		Para 2010**	Para 2025**
Papel	375-90	1.72-0.41	1.91-0.59
Plástico	60-0	0.27-0	0.3-0
Aluminio	150	0.69	0.76
Acero	15	0.069	0.076
Vidrio	30	0.13	0.15
Biomasa	26.5	0.12	0.13
	<b>Total</b>	<b>2.99-1.42</b>	<b>3.32-1.70</b>

\* Promedio nacional: biomasa (51%); papel y cartón (15%); plásticos (6%); vidrio (6%); metales (3%); otros (19%)

\*\* Total de RSU para el año 2010 estimado en 12,590 tons/día y para el 2025 en 14,000 tons/día.

Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales de generación actual de residuos, proyecciones de crecimiento poblacional al 2025 para la Ciudad de México y datos de ahorro de emisiones por reciclaje de ISWA (2009).

preocupación (SMA-DF, 2008; PAOT, 2010). Las delegaciones de Tláhuac y Álvaro Obregón concentran el 89.6% de tales residuos clandestinos, cada uno con más de 500 mil m<sup>3</sup>). La relevancia de recuperar tales materiales es que el 55% de la superficie afectada es suelo de conservación, mientras que el resto es suelo urbano, lo cual también afecta la calidad de vida de la población local (PAOT, 2010).

El potencial de mitigación por la minería urbana (o el reuso/reciclaje) del 100% de los materiales de construcción desechados por la Ciudad de México se estima entre 590 mil y 1.7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e cada año, esto es un ahorro de emisiones de GEI de 2010 al 2025 de entre 8.85 y 25.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e, si se asume un flujo constante de residuos de la construcción de 2.5 millones de toneladas anuales (cuadro 4).

Cálculos más finos que incluyan aspectos cualitativos de los flujos y *stocks* materiales, y una perspectiva histórica y prospectiva a futuro son ciertamente necesarios, tanto para el caso de la Ciudad de México como para otras ciudades de diversa envergadura de la región, puesto que la minería urbana, como se dijo, no es meramente el reciclaje de materiales, sino el manejo integral y sustentable de los recursos urbanos, cuestión que demanda coordinar y en su caso ampliar y

**Cuadro 4.** Potencial de mitigación de GEI por minería urbana de materiales de construcción en la Ciudad de México

Material de construcción	Kg de CO <sub>2</sub> incorporado por tonelada métrica	Promedio total de material de construcción generada al año* (millones de tons)	Potencial total de mitigación por CO <sub>2</sub> incorporado** (millones de tons)
Ladrillo	850-232	1.35	1.147-0.313
Concreto	134-116	0.3	0.040-0.034
Asfalto	185-177	0.125	0.23-0.022
Metales (sobre todo aceros)	3000-2000	0.0625	0.187-0.125
Arena y grava	8-5	0.1	0.0008-0.0005
Piedra	16	0.125	0.002
Madera	750-101	0.1	0.075-0.01
Plásticos (sobre todo PVC)	2,400	0.0375	0.09
		Total	1.77-0.59

\* Con base en un flujo de salida constante de 2.5 millones de toneladas de materiales de construcción al año.

\*\* Las emisiones derivadas de la energía usada para el reciclaje deben ser sustraídas.

Fuente: Elaboración propia con datos de carbono incorporado de Calkins (2009), y de flujos y composición de residuos de la construcción de PAOT (2010).

ajustar la infraestructura existente para el manejo de residuos.<sup>4</sup> Tal manejo integral se asume como aquel que al menos incluye de manera simultánea medidas para: a) la disminución de la demanda de los asentamientos urbanos y la consecuente prevención de generación de residuos; b) la eficiencia en el uso presente de los recursos materiales y energéticos y en el de los bienes en los que son incorporados; c) la generación de energía a partir de biomasa residual; d) el reuso, recuperación

<sup>4</sup> El Distrito Federal cuenta con 13 estaciones de transferencia distribuidas en 12 delegaciones, tres plantas de selección ubicadas en Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina (reciben unas 4 mil toneladas al día, 44%, 31% y 25% del volumen total, respectivamente) y 10 plantas de composta con una capacidad de 3 toneladas al día de composta producida (Bordo Poniente, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, cinco en Milpa Alta y Xochimilco). Nótese, de las plantas de composta, sólo la del Bordo Poniente recibe residuos orgánicos urbanos de las estaciones de transferencia, mientras que el resto reciben residuos de poda principalmente. Los residuos son transportados a seis sitios de disposición final fuera de la ciudad (véase SMA-DF, 2012).

o reciclaje de materiales clave en múltiples escalas temporales y espaciales según las características del flujo de tal o cual material (demanda, de ser necesario, el rediseño de las mercancías e infraestructuras) y, con ello, e) el cierre de ciclos de materiales y la eventual reducción de dependencias con otros espacios proveedores de recursos.<sup>5</sup>

## BREVE MIRADA A LA ECOLOGÍA POLÍTICA DE LOS RESIDUOS: EL CASO DEL LA CIUDAD DE MÉXICO

La subordinación de los diversos espacios territoriales a las dinámicas de los asentamientos urbanos tanto para abastecerlos de energía y materiales como para desechar emisiones, aguas residuales y residuos sólidos, es cada vez mayor y asimétrica. Desde luego, tales relaciones territoriales no son del todo inmediatas a la ciudad (en términos físicos) sino que se articulan en lo local, regional e internacional, a diversas escalas, en territorialidades distintas, y en un contexto de ejercicio de cuotas de poder puntuales<sup>6</sup> (dependiendo del tipo de recurso o desecho de que se trate); de ahí que Pellow (2004) haga un llamado para buscar soluciones que busquen reestructurar lo social, político y económico de modo tal que se generen resultados de justicia ambiental en lugar de constantes injusticias ambientales.<sup>7</sup>

<sup>5</sup> El cierre de ciclos se puede estimular por la vía de regular compras preferenciales por parte del gobierno tanto de materiales como de productos que hagan uso de materiales reciclados *in situ* o a nivel nacional. La experiencia en EUA ha fijado que el precio de tales materiales o productos no puede ser mayor al 5-10% del precio de materiales vírgenes o productos fabricados con estos últimos.

<sup>6</sup> El ejercicio del poder en el uso subordinado de los territorios, sea para extracción de recursos o el desecho de residuos, no en pocas ocasiones tiene como consecuencia la reacción de la población afectada o desposeída —de sus recursos o de su entorno ambiental sano— que conforme el metabolismo urbano se amplía se opone a proyectos que destacan cada vez más por su alto grado de injusticia ambiental, además de que suelen trastocar los únicos medios de subsistencia de tales poblaciones.

<sup>7</sup> Se entiende por justicia ambiental aquellos valores culturales, reglas, regulaciones, comportamientos, políticas y decisiones que sostienen comunidades sustentables y en donde las personas pueden interactuar con confianza de que el medio ambiente es sano, cuidado y productivo en términos vitales. En tal sentido, la justicia ambiental es sólo posible por medio de trabajos seguros y bien remunerados así como a partir del promover una educación de calidad, crítica y universal, condiciones para recreación, el acceso a vivienda y a cuidados médicos de calidad, estructuras de participación y toma de decisiones genuinamente democráticas, el respeto y estímulo a las autonomías y a las diversidades socioculturales, etcétera.

A nivel de relaciones externas se sabe que debido al cierre del Bordo Poniente, actualmente la Ciudad de México exporta casi todos sus residuos —los clasificados para disposición final—, casi su totalidad (un 97%) a rellenos sanitarios del Estado de México, y el 3% restante a Morelos (en Tepoztlán y Cuautla) (SMA-DF, 2012). La situación que obliga la transportación terrestre de hasta más de 50 kilómetros de distancia de miles de toneladas diarias a rellenos sanitarios como los de Ixtapaluca (“El Milagro” operado por la empresa Tecnosilicatos de México y “La Cañada” operado por la empresa Recicladados Integrales Ambientales, reciben el 82% de los residuos exportados por la Ciudad de México), Xonacatlán (operado por la empresa El Contadero), Cuautitlán Izcalli (operado por Tersa del Golfo) y Tepotzotlán (operado por la empresa Comercializadora Terrestre Tráfico). Se trata de negocios privados que también reciben residuos de asentamientos humanos del Estado de México —algunos ya sobrepasando la vida útil de los rellenos o bien los volúmenes que tienen permitidos legalmente recibir—. Además, no en pocas ocasiones han sido señalados y sancionados por incumplimiento de normas ecológicas y donde hay quejas de la población local por malos olores, proliferación de fauna nociva y paso de miles de toneladas de desperdicios por sus comunidades (caso puntual de Cuautitlán Izcalli y Tepotzotlán).

En términos de asimetrías y subordinación espacial interna, o local, un análisis del caso de la Ciudad de México permite corroborar desigualdades socioespaciales del metabolismo urbano de los residuos, ahora exportando todas las “externalidades” de la disposición final a los estados colindantes, tanto al sur como al norte de la ciudad.

Más allá de las decisiones que llevaron al emplazamiento espacial específico de los rellenos sanitarios y de las características de los puntos geográficos donde hay tiraderos clandestinos, es notoria la responsabilidad asimétrica en términos de emisión de residuos. Y es que la generación per cápita de residuos en los últimos años resulta mucho mayor en delegaciones ricas altamente urbanizadas como Azcapotzalco, Venustiano Carranza y Cuauhtémoc. En cambio, en aquellas delegaciones que aún cuentan con espacios de carácter semirural y donde se localizan ciertas áreas de marginalización tales como Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco, los valores per cápita son de los más bajos.

Lo datos expuestos en el cuadro 5 confirman que los barrios ricos son en realidad más *sucios* en términos de cantidad de generación de residuos y tipología de residuos en tanto que tienden a emitir más residuos inorgánicos que orgánicos en términos comparativos con aquellos más humildes. Así entonces, no deja de ser notorio que los sectores sociales más sucios son los que menos se ven afectados por

Cuadro 5. Emisión de residuos per cápita diaria por delegación (1990-2010)

Delegación	1990		2000		2010	
	Orgánicos	Inorgánicos	Orgánicos	Inorgánicos	Orgánicos	Inorgánicos
Álvaro Obregón	0.51	0.77	0.50	0.76	0.51	0.77
Azcapotzalco	0.62	0.94	0.71	1.07	0.81	1.22
Benito Juárez	0.53	0.81	0.64	0.97	0.64	0.96
Coyoacán	0.53	0.80	0.56	0.85	0.62	0.93
Cuajimalpa	0.34	0.51	0.28	0.42	0.24	0.37
Cuauhtémoc	0.87	1.32	1.07	1.61	1.11	1.66
Gustavo A. Madero	0.43	0.65	0.47	0.70	0.52	0.78
Iztacalco	0.55	0.83	0.64	0.96	0.73	1.1
Iztapalapa	0.42	0.62	0.35	0.55	0.38	0.58
Magdalena Contreras	0.35	0.53	0.33	0.49	0.32	0.48
Miguel Hidalgo	0.83	1.25	1.02	1.53	1.02	1.53
Milpa Alta	0.43	0.64	0.29	0.44	0.23	0.36
Tláhuac	0.39	0.59	0.28	0.42	0.25	0.38
Tlalpan	0.48	0.72	0.42	0.63	0.40	0.60
Venustiano Carranza	0.74	1.11	0.88	1.32	1.01	1.51
Xochimilco	0.50	0.76	0.39	0.58	0.37	0.56
Subtotal	0.54	0.81	0.54	0.81	0.56	0.85
Total	1.35	1.35	1.41			



\* Círculos en rojo indican zona de muy alta marginación, en naranja de alta marginación, y en amarillo marginación media.

Fuente: Elaboración propia con base en datos ofrecidos por la Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal (Oficio: GDF-SOS-DGSU-DTDF-SR/12).



la gestión y disposición de los residuos en tanto que el emplazamiento de infraestructura de transferencia, selección, composta, así como de tiraderos clandestinos dentro de la ciudad (unos 200) suele darse en torno a zonas de asentamientos de alta y muy alta marginación, espacios considerados como más aptos para usos indeseables del suelo (en tanto que generan menos pérdidas económicas en términos de valorización del suelo e infraestructura y porque no se afecta la calidad de vida que debe garantizarse a los barrios céntricos). En este mismo sentido, son las clases acomodadas las que más contribuyen en la exportación de residuos a zonas pobres de municipios del Estado de México y Morelos. Esto es, la afectación desigual es doble, dentro y sobre todo fuera de la ciudad de México.

En este panorama, la *ecología política urbana* es pues una perspectiva analítica que resulta útil para dar cuenta del grado de (in)justicia socioambiental asociada, en este caso, a la gestión de residuos.<sup>8</sup> Como precisan Heynen *et al.* (2006: 6), “la ecología política urbana reconoce que las condiciones materiales que comprenden los entornos urbanos son controladas, manipuladas y puestas al servicio de los intereses de las elites a expensa de las poblaciones marginalizadas”; por ello, la ecología política urbana hace preguntas acerca de quién produce qué tipo de configuraciones socioecológicas y para quién.

En el caso de la Ciudad de México, en efecto, se disputan diversos actores la apropiación de los materiales reciclables presentes en los RSU, desde empresas varias (generadoras de grandes cantidades de desechos reciclables) y centros o plantas recicladoras, hasta camiones recolectores, sindicatos de trabajadores de limpia y pepenadores. De estos últimos actores destaca el ascenso del rey de la basura, Rafael Gutiérrez Moreno, y la herencia que dejara después de su asesinato en 1987 a los actuales dos “reyes” de la basura, todo como parte de un entramado de relaciones clientelares y políticas que incluso llevaría a Gutiérrez Moreno a ser diputado del Partido Revolucionario Institucional (PRI) durante la presidencia de López Portillo una vez que lograra articular a nivel local la Confederación Nacional de Organizaciones Populares, brazo “popular” de dicho partido político. También sería plataforma desde la cual más adelante llegarían sus hijos, Norma y Cuauhtémoc Gutiérrez de la Torre a ser diputados por el PRI a nivel local y federal, respectivamente.

Es bien conocido que la falta de capacidad de gestión del gobierno de la ciudad, las condiciones de pobreza que orillan a la pepena, y la corrupción gubernamental a la par de la negociación de apoyo político y de los votos de los pepenadores y sus familias (unos 20 mil, cuando menos) instalaron condiciones idóneas para la con-

<sup>8</sup> Para una reflexión teórica sobre la ecología política (léase, Delgado, 2013b).

formación de bloques de poder que hoy por hoy perduran y son clave en cualquier acción relacionada con la gestión de los residuos. Las tres plantas de clasificación controladas por los mencionados dos reyes de la basura<sup>9</sup> y que fueron entregadas por Salinas de Gortari poco antes de dejar la presidencia, junto con la Sección 1 de Trabajadores de Limpia y Transporte del DF, figuran como los principales intermediarios del flujo de materiales reciclables y las plantas de reciclado.

El intrincado y complejo circuito legal e ilegal de los residuos sólidos urbanos ciertamente se torna cada vez más un reto de primer orden para la Ciudad de México y su zona conurbana, ello conforme la generación de basura aumenta y las opciones locales de disposición final disminuyen o bien porque la exportación de residuos a otras entidades federativas se tornan cada vez más costosas, tanto económica como políticamente hablando (ello más allá de las "externalidades" socioambientales que ello acarrea).

Tomando nota de lo antes dicho, se puede argumentar que históricamente se ha configurado una ecología política urbana de los residuos en México estableciendo relaciones asimétricas de poder, así como beneficios y afectaciones desiguales que se entrecruzan con cuestiones de clase social, género, legales, de identidad cultural y luchas de poder. La geografía de la ecología política de la basura es claramente desigual. Para Pellow (2004), se trata de una geografía racista y clasista pues las decisiones gubernamentales o empresariales suelen definir los usos de suelo más indeseables en los espacios territoriales socioeconómicamente más relegados. El resultado es una exposición desproporcionadamente desigual a tóxicos y residuos peligrosos siendo la población más pobre y excluida la mayor afectada.<sup>10</sup> Tal proceso ha sido y es similar en muchas otras latitudes. Se puede incluso argumentar que el fenómeno llega a ser deliberado pues se registra consistentemente en la historiografía de las ciudades. En Chicago, por ejemplo, la basura se exportó de manera sistemática a los barrios pobres, de negros y latinos, dando origen a los primeros movimientos sociales contemporáneos de resistencia, asociados con la problemática de la basura; dígase por ejemplo el caso de *People for Community Recovery* (léase, por ejemplo, Pellow, 2004).

<sup>9</sup> Ellos son: José Valdez (planta de selección de San Juan Aragón) y Pablo Téllez (Frente Único de Pепенadores en Bordo Poniente, hoy día clausurado). Hasta el año 2000 también se sumaba Guillermina de la Torre, viuda de Gutiérrez Moreno, a cargo de la Unión de Pепенadores del DF. Rafael Gutiérrez Moreno A.C. en la planta de selección Santa Catarina. Actualmente, esa planta opera como cooperativa.

<sup>10</sup> Para Pellow (2004), el racismo ambiental se entiende en este caso como la exposición desigual a contaminantes, tóxicos y otros peligros que los pobres y los excluidos (negros, latinos, indígenas) viven y confrontan todos los días, muchas veces no sólo en su entorno inmediato natural, sino también en el ámbito laboral.

## REFLEXIONES FINALES

El potencial de la minería urbana para la mitigación del cambio climático es relevante, mucho más si se toma nota de los cobeneficios ambientales y a la salud. Por ello, se considera como una acción que debería acompañar de modo creciente otras relacionadas, por ejemplo, con la captura de biogás o con la reducción en la propia generación de residuos.

El análisis del estado de situación de la generación y tipos de residuos; de la estructura de gestión y disposición (regular e irregular); de las tecnologías para la disposición, reciclaje o captura de biogás, entre otras; del potencial de mitigación ambiental y climática resultante del flujo actual y futuro de residuos municipales, incluyendo los de la construcción y el parque vehicular (es decir, el *stock* material urbano),<sup>11</sup> entre otros datos y aspectos, claramente es central para ayudar a respaldar acciones integrales concretas que contemplen lo ambiental, lo climático, lo social e incluso alternativas de disponibilidad de recursos en un futuro próximo que promete reservas materiales (y energéticas) de fácil acceso y baratas decrecientes.

Lo antes dicho es de interés para los diversos niveles de gobierno, siendo, sin embargo, la escala municipal de lo más relevante en tanto que es la que usualmente asume la responsabilidad y la gestión de los residuos y sus implicaciones. De notarse es que mucha de la gestión realizada en el mejor de los casos deriva de una planificación de corto plazo, sin coordinación intermunicipal a escala regional, y sobre la base de muy poca o mala información.

En este tenor se suma el hecho de que, pese a tratarse de una problemática mayor, aún se siguen elaborando normas mexicanas referentes a muestreo, cuarteo, peso volumétrico, subproductos y generación per cápita de residuos. Además, persiste un marco legal insuficiente que a escala municipal incluso llega a desdibujarse. Y es que sólo 13 de las 32 entidades federativas de México han formulado sus propias leyes con base en lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (de carácter federal), al tiempo que cuentan con sus respectivos reglamentos. Siete entidades estatales no cuentan con reglamentos en la materia y el resto regula los residuos a partir de algún tipo de código o de Ley Ambiental (INECC, 2012: 45). A nivel municipal la brecha regulatoria es mayor pues sólo poco

---

<sup>11</sup> Si bien en este trabajo no se analizó para el caso de México el potencial de la minería de residuos de manejo especial y que incluye, además de plásticos de diversa índole, el *stock* vehicular de desecho con importantes cantidades de metales recuperables, debe señalarse su importancia y, por tanto, la pertinencia de su inclusión en estudios posteriores.

más de 400 municipios tienen alguna legislación específica en materia de gestión de residuos (las más usuales relativas a operaciones de limpieza y sanidad y bando municipal). Al mismo tiempo, más de 900 municipios no cuentan con legislación específica en la materia (*Ibid.*: 50-51).

La ecología política urbana en general, incluyendo su enfoque en el metabolismo urbano de los residuos, es consciente de una mirada compleja y crítica sobre la problemática, permitiendo explorar nuevas rutas de acción ecológica dirigidas a mejorar la calidad de vida urbana del grueso de la población, esto es, procurando reducir las desigualdades existentes e incrementando la participación ciudadana y sus cuotas de poder en la toma de decisiones (y con ello, disputando las estructuras de poder imperantes). Se trata de una participación y proceso de toma de decisiones que debería ser cada vez más informado, contexto en el que la información lineal y los análisis focalizados ya no son suficientes ante la complejidad y extensión del reto que implica la creciente urbanización de los territorios y el consecuente aumento de los flujos de energía y materiales demandados. Se precisa por tanto información y valoraciones resultantes de aproximaciones interdisciplinarias con mirada integral, multiescalar y multiespacial, donde el rol de los expertos de diversa índole sigue siendo central pero que ha de ser enriquecido también con otras formas de conocimiento local.

A escala nacional, la ecología política de la basura es igualmente importante para dar cuenta de la problemática que acarrearán los usos indeseables del suelo provocados por una creciente generación de desechos nacionales (incluyendo actividades por parte de industrias foráneas en México) pero también internacionales y que se suman mediante eventuales flujos de residuos —exportación de basura— o de mercancías en fase de uso avanzado y cuya disposición se perfila en el corto plazo a cargo del país (por ejemplo, la importación de autos usados provenientes de EUA).

La necesidad de mayores y más finos análisis es pues un imperativo frente al reto que acarrea la creciente generación de residuos en momentos de una mayor presión a los ecosistemas y en sí de los ciclos biogeoquímicos del planeta. El presente ejercicio es en el mejor de los casos, una primera aproximación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baccini, P., y Brunner, P. (2012). *Metabolism of the Anthroposphere*. 2a ed. Cambridge, MA. / Londres: MIT Press.
- Calkins, Meg (2009). *Material for sustainable sites*. EUA: Wiley.

- Delgado-Ramos, Gian Carlo (2013a). Climate change and metabolic dynamics in Latin American major cities. En Zubir, S.S. y Brebbia, C.A. (eds.), *Sustainable city VIII. Urban regeneration and sustainability*. Southampton, Reino Unido: WIT Press: 39-56.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (2013b). ¿Por qué es importante la ecología política? *Nueva Sociedad*, núm. 244: 47-60. Argentina.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (2015). Water and the political ecology of urban metabolism: The case of Mexico City. *Journal of Political Ecology*, vol. 22: 98-114. ISSN: 1073-0451.
- Fischer-Kowalski, Marina y Haberl, Helmut (2000). El metabolismo socioeconómico. *Ecología Política*, núm. 19: 21-34. Barcelona, España: Icaria.
- Graedel, T.E. et al. (2010). *Metal stocks in society*. UNEP.
- Heynen, Nik., Kaika, Maria., y Swyngedouw, Erik (2006). Urban political ecology. Politicizing the production of urban natures. En Heynen, Kaika y Swyngedouw, *In the nature of cities. Urban political ecology and the politics of urban metabolism*. Londres/Nueva York: Routledge.
- Hoornweg, D. y Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste*. World Bank-Urban Development Series. No. 15. Washington, D.C., USA.
- Humes, Edward (2012). *Garbology. Our dirty love affair with trash*. EUA: Avery.
- INECC (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. INECC-SEMARNAT. México.
- ISWA-International Solid Waste Association (2009). *Waste and climate change*. ISWA White Paper. International Solid Waste Association. Vienna, Austria.
- JRC/PBL. (2012). *Base de datos EDGAR, versión 4.2 FT2010*. Comisión Europea. <<http://edgar.jrc.ec.europa.eu>>.
- Kennedy, C., Pinceti, S., y Bunje, P. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, vol. 159; núms. 8-9: 1965-1973.
- Krausmann et al. (2009). Growth in global material use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*, núm. 68: 2696-2705.
- Lacoste, Elisabeth y Chalmin, Philippe (2006). *From waste to resource: 2006 World waste survey*. París, Francia: Ciclope/Veolia.
- PAOT (2010). *Estudio de zonas impactadas por tiraderos clandestinos de residuos de la construcción en el Distrito Federal*. Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial. México.
- Pellow, David N. (2004). *Garbage wars. The struggle for environmental justice in Chicago*. Londres, Reino Unido: MIT Press.
- SMA-DF-Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (2012). *Inventario de residuos sólidos 2012*. Gobierno del Distrito Federal. México.

- SMA-DF-Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (2011). *Inventario de residuos sólidos 2011*. Gobierno del Distrito Federal. México.
- SMA-DF-Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (2008). *Inventario de residuos sólidos 2008*. Gobierno del Distrito Federal. México.
- Zhang, Y. (2013). Urban metabolism: A review of research methodologies. *Environmental Pollution*, núm. 178: 463-473.

# EL CAMBIO CLIMÁTICO: IMPACTOS, RESPUESTAS, AVANCES Y RETOS EN MÉXICO

---

*Ana Rosa Moreno\**

## INTRODUCCIÓN

Los últimos informes internacionales reportan la existencia de una interferencia humana en el sistema climático y que el cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales. La buena salud a largo plazo de las poblaciones depende de la continua estabilidad y el funcionamiento de los sistemas ecológicos y físicos de la biosfera, referidos como sistemas de soporte vital. El cambio climático es una importante adición a la gama de riesgos de salud ambiental enfrentados por la humanidad e implica interacciones complejas y probabilidades cambiantes de diversos impactos. Como respuesta a estos eventos, en los últimos años ha crecido la conciencia de que el cambio climático puede tener múltiples efectos en la salud humana. En muchos países en vías de desarrollo, el impacto se dará particularmente en poblaciones cuya salud depende de condiciones sociales, económicas y ambientales. Por ejemplo, las inequidades sociales propician que niños pequeños sigan padeciendo diarreas y enfermedades respiratorias que pueden llegar a constituir un serio problema en esta población. De esta manera, el cambio climático presenta desafíos importantes en los esfuerzos para mantener y mejorar la salud y el bienestar de personas que viven en todo el mundo.

Las alteraciones en la temperatura y en los patrones de lluvia son responsables de enfermedades asociadas con los extremos de la temperatura, los cambios en la distribución de vectores de enfermedades, inseguridad alimentaria, enfermedades diarreicas principalmente en niños asociadas con la calidad y disponibilidad de agua,

---

\* Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, UNAM.

y exacerbación de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente. Asimismo, los eventos extremos hidrometeorológicos impactan prácticamente todas las poblaciones, pero en particular a aquellos más vulnerables. La vulnerabilidad de las poblaciones está asociada con edad, género, etnia, grupos minoritarios, entre otros. Son los pobres, niños y ancianos quienes sufrirán las consecuencias de forma más notoria. Por ejemplo, las mujeres pueden ser más vulnerables a los impactos en la salud psicosocial durante los eventos climáticos extremos, ya que son más propensas a soportar la carga de la recuperación del evento y de continuar para satisfacer múltiples demandas dentro y fuera del hogar (Oswald *et al.*, 2014).

Entender las vulnerabilidades dentro de la sociedad es un proceso complejo que debe ir más allá del conocimiento de los efectos ambientales de las modificaciones del clima. Se requiere el conocimiento de las interacciones entre las tres variables (Séguin, 2008):

- La exposición de los individuos o poblaciones a los impactos del clima.
- La sensibilidad a los impactos.
- La capacidad de adaptación de los individuos, las poblaciones y las instituciones (también conocida como la capacidad de hacer frente con consecuencias o la capacidad de un sistema para gestionar el cambio).

En diversos países desarrollados ya existe el interés de instrumentar programas de salud pública que estén directamente relacionados con el cambio climático, en América Latina esta atención va en crecimiento y se espera que los procesos para el establecimiento de dichos programas se vayan fortaleciendo con el tiempo. De esta manera, cada vez hay más conciencia de que la sostenibilidad de la salud de la población debe ser una consideración central en el discurso público sobre cómo las sociedades humanas pueden hacer la transición hacia el desarrollo sostenible.

## EFFECTOS EN LA SALUD POR EL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL MUNDIAL

Las vías causales que propician que condiciones climáticas afecten la salud de las poblaciones son bastante complejas y pueden ser alteradas por factores que incluyen condiciones biológicas como edad y enfermedades preexistentes; condiciones sociales como acceso a la salud y educación; nivel económico; factores ambientales tanto naturales como contruidos, por ejemplo, zonas inundables o en riesgo de



derrumbe; y, cómo las sociedades se están adaptando a estos cambios evidentes ya en muchas zonas del mundo.

La carga mundial de enfermedades relacionadas con clima se considera relativamente pequeña y desafortunadamente no está bien cuantificada (IPCC, 2014). No obstante, las amenazas más inminentes y graves son las que existen en los países en desarrollo, con las consiguientes dificultades para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio y para garantizar la equidad en salud (COFEPRIS, 2014).

Entre las principales manifestaciones del cambio climático se puede observar que en los últimos años, ha sido evidente el incremento en fenómenos extremos asociados con el clima como inundaciones, ciclones, sequías, olas de calor e incendios forestales. Es muy claro el impacto de estos eventos en los diversos ecosistemas y ecosistemas humanos a partir de su vulnerabilidad (IPCC, 2014). De forma directa, estas alteraciones pueden afectar la salud humana, como en el caso de olas de calor y otros eventos extremos.

Existen también vías más indirectas relacionadas con el daño a la salud y variables como la contaminación del agua y del suelo; las enfermedades transmitidas por vectores; la contaminación del aire y enfermedades respiratorias (CCSP, 2008).

Otros cambios que afectan la salud humana son aquellos originados por la producción de alimentos y el abastecimiento de agua, daños a infraestructura, incluyendo la del sector salud, e impactos en los asentamientos humanos. Lo anterior tendría efectos negativos en la morbilidad, incluyendo la salud mental, mortalidad y en general el bienestar humano, en particular en aquellas poblaciones vulnerables.

En relación con el cambio en la temperatura se observa que uno de los efectos mejor evaluados es la disminución de la mortalidad asociada con el frío en ciertas zonas, y el aumento en la mortalidad y morbilidad asociada al calor, como resultado del aumento en las temperaturas. Por ejemplo, a nivel local, las alteraciones en la precipitación y temperatura han modificado la forma en que se presentan algunas enfermedades transmitidas por vectores y las asociadas con la ingesta de agua (IPCC, 2014).

En grandes poblaciones urbanas de ciertas regiones del planeta que sufran de inundaciones continentales puede presentarse riesgo de una salud deficiente y la desorganización de medios de subsistencia. Además, debido a la presencia de eventos meteorológicos extremos pueden aparecer riesgos sistémicos que provoquen el colapso de redes de infraestructura y servicios básicos como el suministro de agua, electricidad, servicios de salud y de emergencias (IPCC, 2014).

Se ha observado inundaciones urbanas en zonas fluviales y costeras, que inducen pobreza y daños en las infraestructuras; desorganización de la cadena de

suministro, afectación de los ecosistemas y los sistemas sociales; impactos de salud pública; y disminución de la calidad del agua, debido a la elevación del nivel del mar, precipitación extrema y ciclones (Romero-Lankao *et al.*, 2014). De esta manera, las poblaciones que viven en zonas costeras o en islas pueden verse expuestas a sufrir diversos impactos en la salud a través de vías directas de muerte traumática y lesión ante eventos extremos hidrometeorológicos (por ejemplo, ahogamiento, por la caída de objetos, lesiones por contacto con los cables de electricidad o por golpes con objetos que se encuentran al paso); así como de forma indirecta, pues las inundaciones son responsables de enfermedades que incluyen la presencia de criaderos de vectores (Ivers y Ryan, 2006) y la transmisión de patógenos por medio de agua y alimentos contaminados que causan enfermedades gastrointestinales. Diversas toxinas y sedimentos pueden movilizarse desde zonas contaminadas o industriales debido a inundaciones, y pueden llegar a contaminar fuentes de agua (Euripidou y Murray, 2004). Además, puede promoverse la presencia elevada de mohos en interiores factibles de provocar tos, sibilancias y asma infantil (Jaakkola *et al.*, 2005; Bornehag *et al.*, 2001). Es posible también que surjan impactos en la salud mental como resultado de la pérdida de familiares, tensión por evacuación, daños a la propiedad, pérdida económica y la interrupción de la dinámica familiar (Weisler *et al.*, 2006; Berry *et al.*, 2010, 2011; CCSP, 2008).

Debido a la complejidad de la dinámica ecosistémica, la forma en que el cambio climático pudiera estar alterando y alterará la distribución geográfica de los vectores de enfermedades es todavía incierta. Existen otros factores de origen antropogénico, además de las variables climáticas, que intervienen en la distribución espacial y temporal de los vectores de la enfermedad, como son el cambio en el uso del suelo; factores socioeconómicos y socioculturales; el acceso a la asistencia sanitaria; la priorización de la lucha antivectorial; y las respuestas de comportamiento humano a la percepción de riesgo de la enfermedad, entre otros factores (Lafferty, 2009; Wilson, 2009). Las características biológicas de los vectores y de los patógenos pueden influir también en la distribución de dichas enfermedades, como puede ser la capacidad de adaptación de los primeros y la evolución de cepas de los segundos, además de las propias características del huésped (Epstein, 2010; Beebe *et al.*, 2009; Rosenthal, 2009).

Los cambios de temperatura y los ciclos hidrológicos pueden influir en el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua (Greer *et al.*, 2008; Harper *et al.*, 2011). Este riesgo es mayor entre los pobres, niños, ancianos, mujeres embarazadas y en personas inmunocomprometidas (Rose *et al.*, 2001; CCSP, 2008).

El ozono y las partículas (por ejemplo, partículas PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) se han asociado con efectos adversos para la salud en muchos lugares de América del Norte (Romero-Lankao *et al.*, 2013). Diversas variables meteorológicas, como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, y la mezcla de altura afectan las emisiones, transporte, dilución, transformación química, y la eventual deposición de contaminantes atmosféricos (Kinney, 2008). Otros fenómenos que afectan la calidad del aire son los humos provenientes de incendios forestales cuya exposición puede conducir a una mayor incidencia de enfermedades cardíacas y respiratorias, así como la mortalidad directa (Rittmaster *et al.*, 2006; Ebi *et al.*, 2008). La variabilidad del clima y el cambio afectará la calidad del aire en interiores, pero con dirección y magnitud que sigue siendo en gran parte desconocido (Institute of Medicine, 2011).

Otros problemas de salud asociados con la calidad del aire son la exposición a polen y su respuesta como diversos tipos de alergias, incluida las exacerbaciones de la rinitis alérgica (Cakmak *et al.*, 2002; Villeneuve *et al.*, 2006) y el asma (Delfino, 2002). La temperatura y la precipitación en los meses previos a la temporada de polen afectan la producción de muchos tipos de árboles y pólenes de gramíneas (Minero *et al.*, 1998; Lo y Levetin, 2007; EPA, 2008). Como respuesta al cambio climático y debido a que la producción de polen y su liberación pueden ser afectadas por la precipitación, temperatura y concentración de CO<sub>2</sub>, podrían cambiar la exposición al polen y la morbilidad por alergias. Lo que se ha observado es que las estaciones de polen están comenzando antes (Frei y Gassner, 2008; Levetin y de Water, 2008; Ariano *et al.*, 2010); desafortunadamente, no existen registros sistemáticos de polen a largo plazo que puedan orientar la dinámica de este fenómeno (EPA, 2008).

Otro de los riesgos que pueden afectar de forma importante a poblaciones pobres, tanto urbanas como rurales, son los impactos en la seguridad alimentaria y en los sistemas alimentarios asociados con la variabilidad del clima y con los extremos en la temperatura, así como eventos extremos como sequías, inundaciones y precipitaciones. Las poblaciones rurales que dependen de la agricultura de subsistencia en las zonas de baja precipitación están en alto riesgo de desnutrición y de padecer enfermedades relacionadas con el agua, en particular si se presenta sequía, pudiendo haber un aumento en la proporción de niños con retraso del crecimiento. El ascenso de las temperaturas también puede afectar la seguridad alimentaria a través del impacto del calor sobre la productividad de los agricultores.

Los impactos anteriormente mencionados son resultado de que en los países, sin importar su nivel de desarrollo, exista una falta de preparación en muchos sectores para enfrentar exitosamente los cambios recientes del clima.

## EFFECTOS EN LA SALUD POR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

En muchos asentamientos urbanos y rurales, se ha observado la vulnerabilidad de la producción, del suministro de agua, y de la salud humana a diversos fenómenos meteorológicos extremos. Eventos climáticos por altas temperaturas como sequías severas en el norte del país demuestran la exposición y la vulnerabilidad al clima extremo.

De acuerdo con el *Censo 2010 de INEGI*, en México se ha presentado un aumento importante de población en zonas urbanas en condiciones de riesgo sanitario, aproximadamente 18 millones de habitantes se encuentran asentados en sitios de alto riesgo ante eventos de inundación. Esto hace que la quinta parte de la población del país, presente un alto grado de vulnerabilidad ante las variaciones climáticas causadas por los fenómenos «de El Niño-La Niña» o por la tendencia al aumento de fenómenos hidrometeorológicos causados por el calentamiento global, como los huracanes de mayor magnitud (COFEPRIS, 2014).

El país experimenta en promedio un episodio de sequía cada cuatro años, con una duración de dos años. No obstante, se han presentado condiciones extraordinarias de este fenómeno que han cubierto grandes extensiones del territorio nacional, tal es el caso de lo sucedido en 1957, 1969, 1982, 1997 y 2011, es decir, en promedio cada 14 años (Escalante-Sandoval y Reyes, 2012).

En el caso de México, el 80 por ciento de la población se encuentra en ciudades, encontrándose el mayor riesgo de sequía en las ciudades del norte (Riojas, 2015), de tal manera que se puede observar:

- Incremento de temperaturas por falta de precipitación que causaría golpes de calor.
- Mayor presencia de contaminantes en el aire (partículas respirables) que conduciría a un aumento de la morbilidad y la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- Escasez de agua para beber, provocando deshidratación, particularmente en niños y ancianos.
- Escasez de agua para la higiene, dando origen a una mayor incidencia de enfermedades diarreicas agudas, dermatitis, parasitosis.
- Almacenamiento de agua, causando la transmisión de algunas enfermedades transmitidas por vectores.

En las zonas rurales se encuentran 25 millones de personas que en el caso de sufrir sequía habría:

- Riesgo de hambrunas en regiones donde la producción agrícola es para autoconsumo.
- Disminución en la productividad de alimentos para el comercio.
- Riesgo de golpes de calor (jornaleros agrícolas) y deshidratación (niños y adultos mayores).

En México, los municipios de más alto riesgo están conformados por viviendas de bajos ingresos e infraestructura pública insuficiente, que cuentan con perfiles socioeconómicos menos privilegiados, escasos instrumentos de respuesta ante desastres y además se encuentran en riesgo de deforestación (Banco Mundial, 2013).

Se han elaborado en México diversos estudios para evaluar la vulnerabilidad respecto a consumo de agua (uso doméstico, comercial, de servicios, industrial, generación de energía eléctrica y de riego) a partir de diversos escenarios. En el escenario base, la vulnerabilidad es baja en las regiones Balsas y Pánuco; en el escenario cálido-húmedo, la región Balsas se vuelve no vulnerable, pero la región Pánuco tiene una alta vulnerabilidad. Los modelos para el escenario cálido-seco indican que en las regiones Pánuco y Lerma la vulnerabilidad se vuelve alta, mientras que en la del Balsas es baja (Gobierno del Estado de México, 2009).

En México, el cólera sigue siendo una enfermedad importante (Greer *et al.*, 2008). Satterthwaite *et al.* (2007) han señalado que la Ciudad de México ya no es capaz de hacer frente a los tipos de riesgos climáticos (como inundaciones, sequías, etc.) que se agravarán por el calentamiento del planeta. Mazari-Hiriart *et al.* (2005) hicieron un estudio en el que se reportó que la calidad del agua distribuida a la Zona Metropolitana del Valle de México varió entre las estaciones lluviosas y secas, con niveles más altos de nitratos, pH, bromodiclorometano, cloroformo, carbono orgánico total y estreptococos fecales durante la estación seca. En el caso de la Ciudad de México, la disminución de la calidad del agua ha dado lugar a la desinfección ineficaz de los suministros de agua potable (Mazari-Hiriart *et al.*, 2005; Sosa-Rodríguez, 2010). En una investigación respecto a las disparidades en el acceso a agua tratada se encontró que fue un factor determinante en la morbilidad debido a enfermedades transmitidas por el agua en el Estado de México en menores de cinco años (Jiménez-Moleón y Gómez-Albores, 2011).

La población de adultos mayores en el país está en aumento, por lo que cada vez habrá más habitantes de este grupo expuestos a los efectos de las ondas de calor.

Por ejemplo, el porcentaje de la población de la Ciudad de México que se considera vieja (mayor a 65 años) aumentó de la década de los años 80 a la de los 90, pasando de 0.66 por ciento a 1.22 por ciento. Los estados con mayor mortalidad reportada son Baja California y Sonora. Mediante registros climáticos y de mortalidad de 1979 al 2003, se observa que, en 1998, uno de los años más calurosos de las últimas décadas, se incrementaron las muertes por esta causa (COFEPRIS, 2014).

SAGARPA (2012) ha hecho un análisis sobre algunos de los impactos más importantes en el sector agropecuario que pueden preverse con respecto a las alteraciones de la temperatura y entre éstos se encuentra la disminución de los rendimientos de los cultivos en zonas más cálidas debido el aumento de plagas, enfermedades e incendios; el estrés causado por el calor; la reducción en el suministro de agua y problemas en su calidad; así como el florecimiento de algas. También se reconoce que eventos extremos como sequías, granizadas, ciclones y lluvias extremas causan severos daños a los cultivos, erosionan en suelo, saturan los suelos de agua y se presenta un aumento en la mortalidad del ganado. Todas estas condiciones al disminuir, en algunos casos de manera importante la productividad agropecuaria, tienen impacto en la disponibilidad, costo y distribución de los alimentos, impactando a las poblaciones más vulnerables en cuanto a pobreza, marginación y aislamiento.

Dentro de las enfermedades transmitidas por vectores, es la fiebre del dengue la que más preocupa en México pues está catalogado como país de alto riesgo por la OMS (Smith *et al.*, 2014).

## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La salud humana es una dimensión importante de la planificación de la adaptación al nivel local, si bien es un sector que durante mucho tiempo tuvo una participación limitada.

Dado que el sector salud ha estado en general rezagado respecto a su respuesta ante el cambio climático, se hace necesario, de forma prioritaria, planificar para la adaptación en todas las escalas, con el fin de incrementar la resiliencia de los sistemas sanitarios ante las manifestaciones del cambio climático que se avecinan (Kinney *et al.*, 2011).

Las medidas de reducción de la vulnerabilidad más eficaces para la salud a corto plazo son los programas que aplican y mejoran las medidas de salud pública básica como el suministro de agua limpia y saneamiento; asegurar una asistencia

sanitaria esencial que comprenda servicios de vacunación y salud infantil; una mayor capacidad de preparación y respuesta frente a los desastres; y el alivio de la pobreza.

La vulnerabilidad de los individuos que dependen de la agricultura de subsistencia puede ser modificada por factores locales, tales como el acceso a los mercados, inversión en educación y tecnología agrícola.

Una forma de incrementar la resiliencia de eventos hidrometeorológicos es el desarrollo e instrumentación de sistemas de alerta temprana ante eventos como olas de calor, tormentas e inundaciones, dichos sistemas deben incluir indicadores de salud. Uno de los objetivos de estos sistemas es la protección de poblaciones vulnerables como los lactantes, niños pequeños, ancianos, discapacitados y personas con enfermedades preexistentes, y aquellos que viven en condiciones social o económicamente en desventaja (Pinkerton *et al.*, 2012).

Para enfrentar el impacto de las inundaciones y deslizamientos de tierra en zonas urbanas y rurales México está proponiendo la elaboración de mapas de riesgos a nivel municipal que permitan saber dónde y cómo actuar; mejorar las predicciones meteorológicas y de la escorrentía; instrumentación de sistemas de alerta temprana, además de control de enfermedades infecciosas y servicios de emergencia mejorados (COFEPRIS, 2014).

Con el fin de estimar la vulnerabilidad social y sectorial del impacto de las sequías se propone el desarrollo de metodologías.

Dado que la mortalidad asociada con las altas temperaturas es un problema cuya relevancia ha ido en aumento en los últimos años, se plantean medidas de adaptación para reducir el riesgo de impactos en la salud por las olas de calor como el uso de aire acondicionado en casas y oficinas en zonas de riesgos. Sin embargo, esto involucra costos económicos difíciles de enfrentar en poblaciones pobres, además de estar sujeto a cortes de electricidad, situación frecuente en muchas zonas del país. La situación se complica ante actividades laborales en exteriores como puede ser en el caso de trabajadores de la construcción, vendedores ambulantes, campesinos, policías, entre otros. A nivel comunitario y familiar debe contarse con sistemas de alerta temprana y estrategias de comunicación de riesgos para poblaciones vulnerables como los ancianos, además del reverdecimiento de zonas urbanas. Para el caso de México, muchas de las acciones se han centrado hasta ahora en sistemas de alerta temprana ante las olas de calor.

Algunas de las medidas de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero podrían proporcionar cobeneficios para la salud, incluyendo disminución en las enfermedades respiratorias y cardíacas (Luber *et al.*, 2014).

COFEPRIS (2014) reconoce como uno de los objetivos importantes a alcanzar a corto plazo en el país es el fortalecimiento de los sistemas de salud pública para enfrentar las amenazas al cambio climático. Por ello es necesario aumentar la inversión en los sistemas de salud pública, y así poder alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio relacionados con la salud humana.

Un ejemplo de la manera en enfrentar las ondas de calor para proteger la salud de la población es a través del fortalecimiento de la capacidad de las comunidades, de los trabajadores de la salud, y de los individuos para gestionar los riesgos de salud relacionados con el calor (Séguin, 2008).

Estos objetivos se pueden lograr a través de establecer:

- *Mensajes de salud sobre el calor*: Elaborados con base científica de tal manera que se aumente la conciencia de los ciudadanos de los efectos del calor sobre su salud y cómo pueden protegerse a sí mismos.
- *Relación del calor y las ciencias de la salud*: Desarrollo de investigaciones a nivel municipal que mejore la ciencia que soporta una alerta de calor, y para determinar la eficacia de las medidas de protección que las personas pueden tomar contra los efectos del calor sobre la salud.
- *Información para los trabajadores de la salud*: Reconocer y subsanar las lagunas de información que tienen los trabajadores de salud para mejorar su desempeño en cuanto a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades relacionadas con el calor. Esta información se deberá integrar en directrices para trabajadores de la salud con respecto a eventos de calor extremo.
- *Elaborar un programa piloto de alerta de calor y sistemas de respuesta*: Establecer un programa para diseñar, implementar y evaluar la eficacia de los sistemas de alerta de calor y de respuesta, en asociación con comunidades urbanas y rurales del país en cuanto a la alerta de calor y los sistemas de respuesta para proteger eficazmente a las personas, particularmente aquellas en riesgo ante el calor extremo. A través de este ejercicio, el sector salud puede contar con estrategias que permitan a las comunidades urbanas y rurales más pequeñas, así como las grandes ciudades, desarrollar sus propios sistemas de alerta de calor y de respuesta.
- *Alianzas*: El sector oficial, sociedad y medios de comunicación se pueden unir a través de una red de intercambio comunitario para construir el conocimiento y crear productos de información que pueden ser compartidos y distribuidos.



En cuanto la adaptación relacionada con la estructura física se propone la organización de redes de seguridad y protección social; establecer bancos de alimentos y distribución del excedente de alimentos en zonas vulnerables; fortalecimiento de servicios municipales con inclusión de agua y saneamiento; cobertura completa de programas de vacunación en niños en zonas vulnerables; así como fortalecimiento de servicios esenciales de salud pública, incluyendo la mejora de servicios médicos de emergencia (IPCC, 2104).

Hay una serie de oportunidades para lograr beneficios conjuntos de acciones que reduzcan las emisiones de GEI y al mismo tiempo mejoren la salud. Entre otras se encuentran:

- Reducción de las emisiones locales perjudiciales a la salud y el clima, mediante la mejora de la eficiencia energética y un cambio a fuentes de energía más limpias.
- Facilitar el acceso a servicios de salud reproductiva (incluida la planificación familiar moderna) para mejorar la salud infantil y materna a través del espaciamiento entre nacimientos y la reducción en el crecimiento poblacional y por consiguiente una disminución en el uso de energía y las emisiones en el tiempo.
- Cambio de consumo de productos de origen animal, especialmente a partir de fuentes de rumiantes, en particular en sociedades con un alto consumo de carne que decidan ir hacia una alimentación más sana.
- El diseño de los sistemas de transporte que promuevan el transporte activo y la reducción en el uso de vehículos motorizados, lo que lleva a reducir las emisiones de contaminantes y por consiguiente una mejora de la calidad del aire y por consiguiente de la salud junto con una mayor actividad física.

La capacidad de adaptación proporciona una indicación de la capacidad de un sistema para gestionar el cambio con éxito. Los niveles de la capacidad de adaptación entre los individuos, las comunidades y los gobiernos están con frecuencia vinculados. Los individuos son más capaces de salvaguardar su propia salud cuando residen en comunidades que poseen una alta capacidad de adaptación, y las comunidades se benefician de planes integrales y respuestas establecidas por las autoridades, tanto a nivel regional como a nivel federal. No obstante, la incertidumbre sobre el futuro de los cambios en los riesgos y la diversidad de impactos en la salud a través de áreas y las regiones son los desafíos clave que enfrentan el trabajo en cambio climático y salud humana.

De esta manera, las medidas de adaptación deberán basarse en el desarrollo de enfoques interdisciplinarios y multisectoriales en el tema de cambio climático y salud humana.

### Impactos esperados en salud humana por el cambio climático

Se prevé que hasta mediados de este siglo empeoren los problemas de salud asociados con el clima ya presentes, debido a sus modificaciones, las cuales serán también responsables durante todo el siglo de producir un mayor deterioro de la salud en muchos países, en particular en aquellos en desarrollo que tienen ingresos bajos. Entre estos impactos se encuentran una mayor probabilidad de enfermedades transmitidas por vectores, agua y alimentos; de lesiones, enfermedades y muerte por grandes incendios y olas de calor; por menor productividad laboral en poblaciones vulnerables; así como, de desnutrición debido a una menor producción de alimentos, particularmente en zonas pobres (IPCC, 2014).

Cuando se hace un análisis a nivel global en el siglo XXI, se prevé, desafortunadamente, que la severidad de los impactos negativos y su magnitud estarán cada vez más por encima de los impactos positivos (IPCC, 2014).

En un escenario de altas emisiones, se proyecta que para 2100, en algunas regiones, la combinación de humedad y alta temperatura durante ciertos periodos del año complicarán las actividades humanas normales, como trabajar en el exterior o cultivar alimentos (IPCC, 2014).

Además de sus implicaciones para el cambio climático, esencialmente todos los contaminantes importantes que alteran el clima, con excepción del CO<sub>2</sub> tienen implicaciones para la salud a corto plazo. Por ejemplo, en 2010, más del 7 por ciento de la carga mundial de la enfermedad se debió a la inhalación de estos contaminantes del aire (Smith *et al.*, 2014), y se prevé que el cambio climático puede hacer que sea más difícil lograr algunos objetivos de mejoramiento de la calidad del aire (Jacob y Winner, 2009).

Los escenarios futuros muestran variaciones serias en cuanto a la distribución y disponibilidad del agua que generará riesgos de inundaciones por un lado y sequías en el norte del país. En términos de riesgos a la salud, el país se verá expuesto a una menor productividad de alimentos, así como problemas en su distribución. Las inundaciones cada vez más frecuentes, por otro lado, generan un peligro latente de brotes de enfermedades relacionadas con la contaminación y la distribución del agua.

Otra de las previsiones señala que en la mayor parte de México, los suministros de agua se encuentran más estresados por el cambio climático, lo cual resultaría en una menor disponibilidad de agua y un aumento de las condiciones de sequía (Romero-Lankao *et al.*, 2014), impactando en la salud de las poblaciones vulnerables. La excepción es en la región del sur tropical de México, donde se prevé que la vulnerabilidad de los recursos hídricos sea baja para 2050, la precipitación disminuiría del 10 al 5 por ciento en el verano y no habría cambios en las precipitaciones en el invierno (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2010).

El aumento previsto de la tasa de evapotranspiración, junto con la disminución de la escorrentía de las precipitaciones y las tasas de recarga de los acuíferos disminuirán la disponibilidad de agua dulce para habitantes de la Ciudad de México. De esta manera, se verán particularmente afectados aquellos usuarios de agua que ya se enfrentan a la escasez recurrente durante la estación seca o cuando la sequía golpee la ciudad (Romero-Lankao, 2010).

El riesgo de muertes por golpes de calor en los estados del norte de México aumentará en el futuro debido a la presencia de incrementos entre 1° y 2°C en los próximos 20 años, a menos que se trabaje en una estrategia de protección con los grupos más vulnerables, es decir, los adultos mayores (COFEPRIS, 2014).

Existe el riesgo de una mayor morbilidad y mortalidad en periodos de calor extremo, en particular en poblaciones urbanas vulnerables, en aquellas que trabajan en exteriores.

Las localidades de difícil acceso en el sureste y sur de México son vulnerables al dengue y al paludismo. Este riesgo aumenta en años con temperaturas extremas. El cambio climático favorecerá un clima más cálido, así en episodios de fuertes precipitaciones, aumentará el riesgo de brotes de estas enfermedades (COFEPRIS, 2014).

Este proceso de respuesta del sector salud ante el cambio climático se inicia con la determinación del escenario de riesgo a través del conocimiento de sus dos factores: la amenaza y la vulnerabilidad. En el caso de los fenómenos extremos, la identificación y caracterización de las amenazas es muy importante, haciéndose necesario caracterizar el fenómeno y las zonas afectadas, y, posteriormente, estimar los riesgos a la salud, los probables daños a las personas y los establecimientos de salud, así como determinar las medidas que debe manejar el sector salud antes, durante y después de un evento.

## RESPUESTA DEL SECTOR SALUD DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Ante este panorama de los cambios en el clima, se hace necesario e imperativo contar con atlas de riesgos nacionales y regionales que apoyen la toma de decisiones en el sector salud. Si bien se han incorporado políticas y programas al interior del sector, es necesario que éstos se fortalezcan y consoliden su abordaje multisectorial.

Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro que debe ser considerada es la reducción de la vulnerabilidad y la exposición a la variabilidad climática existente hoy en día. Las estrategias y medidas actuales pueden aumentar la resiliencia ante una gama de proyecciones futuras del clima y de esta forma contribuir a mejorar la salud humana, el bienestar social y económico, los medios de subsistencia y la calidad del medio ambiente.

Un cambio en la distribución de las enfermedades transmitidas por vectores hace necesario que la vigilancia epidemiológica se adapte a estas posibles nuevas circunstancias en las zonas de transmisión y en las zonas limítrofes a éstas, así como los estudios de entomoparasitología que permitan vigilar la presencia de vectores. Otra medida de adaptación sería la ampliación de los servicios básicos de salud pública (COFEPRIS, 2014).

Dentro de las herramientas con las que cuenta México para enfrentar el cambio climático se encuentran:

- a) La Ley General de Cambio Climático (LGCC) (*Diario Oficial de la Federación*, 2014a) distribuye competencias entre la Federación, las entidades federativas y los municipios, quienes deberán ejecutar acciones, entre otras, en los ámbitos de salubridad general e infraestructura de salud pública.
- b) La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) (SEMARNAT, 2013), mecanismo permanente de coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en materia de cambio climático. Está integrada por 13 secretarías de Estado, entre la cuales se halla la Secretaría de Salud (SSa).
- c) La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) (SEMARNAT, 2013), como instrumento guía para desarrollar acciones nacionales para combatir el fenómeno del cambio climático, trazar una ruta de largo plazo para mejorar la salud y calidad de vida; además, para convertir a México en una sociedad con una mayor resiliencia.

Por ejemplo, la LGCC establece que la instrumentación de la política nacional de mitigación debe priorizar los sectores de mayor potencial de reducción, la ENCC plantea el control de los contaminantes climáticos de vida corta, que no sólo tendría un impacto en la mitigación del cambio climático, sino que también contribuiría a resolver problemas de contaminación del aire a nivel local y mejorar la salud pública. Asociado con lo anterior, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) (*Diario Oficial de la Federación*, 2014b) desarrolla la Estrategia 4.1. Utilizar tecnologías y combustibles que reduzcan la emisión de carbón negro, mejorando la calidad del aire y la salud pública.

Dentro de las líneas de acción de todas las políticas de cambio climático se plantea considerar el estado de salud e inequidad en el acceso a los servicios públicos y hacer partícipe de su instrumentación a los distintos sectores de la sociedad. Un tema de gran relevancia es el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia epidemiológica existentes pues esto permitirá identificar los cambios en la distribución de enfermedades relacionadas con el clima y aquellas enfermedades emergentes en donde el cambio en las variables meteorológicas pudiera intervenir en su presencia. Además, se considera la inclusión en el diseño de acciones de atención a los impactos en la salud relacionados con el cambio climático, tales como enfermedades respiratorias agudas; infecciosas intestinales; la intoxicación por alimentos relacionados con fenómenos, como la marea roja; y la atención a poblaciones afectadas por desastres, como inundaciones y huracanes.

Instrumentos de medición, reporte y verificación, además de los de monitoreo y evaluación son herramientas importantes de la LGCC, al permitirle diseñar los indicadores de salud asociados con el cambio climático. En éstos se deben contemplar factores ambientales, laborales y sociales de la población con el objeto de proporcionar al Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, información vigente para poder realizar acciones de atención y prevención a poblaciones vulnerables.

El análisis de vulnerabilidad social incluye también el Índice de Vulnerabilidad de Salud. Con el objetivo de reducir dicha vulnerabilidad y aumentar la resiliencia social se proponen líneas de acción que instrumenten y fortalezcan las políticas públicas enfocadas en reducir riesgos a la salud y en la infraestructura de salud pública asociados con efectos del cambio climático.

Una institución que fortalece el trabajo y las políticas públicas es el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) cuya misión es generar e integrar conocimiento técnico y científico e incrementar el capital humano calificado para la formulación, conducción y evaluación de políticas públicas que conlleven a la protección del medio ambiente, preservación y restauración ecológica, creci-

miento verde, así como la mitigación y adaptación al cambio climático en el país (INECC, 2014).

La Comisión para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) de la Secretaría de Salud es la instancia administrativa federal encargada de la difusión del conocimiento sobre el proceso del cambio climático en México y sus repercusiones presentes y futuras en la salud de la población, enfocado principalmente en algunos de los determinantes más importantes de la salud, como son el aire, el agua y los alimentos. Uno de los objetivos principales es lograr una sociedad bien informada y comprometida pues de esta manera puede contribuir con su actitud y acciones a disminuir las presiones a las que está sometido el ambiente (COFEPRIS, 2014).

Una de las acciones de la COFEPRIS (2014) ha sido establecer la “Red Mexicana sobre Cambio Climático y Salud” la cual pretende que los usuarios puedan difundir e intercambiar información y experiencias; crear sinergias para la generación de conocimiento; realizar consultas especializadas; hacer disponible información para la toma de decisiones y el desarrollo de planes de cambio climático y salud a nivel federal y estatal; establecer vinculación con otras redes existentes a nivel nacional e internacional; además de facilitar la vinculación del sector salud con otras disciplinas y sectores gubernamentales y no gubernamentales que estén trabajando el tema de cambio climático.

Una de las acciones que a corto plazo deberá hacer el sector salud es la revisión y actualización del marco normativo vigente y la construcción de los instrumentos jurídicos y administrativos necesarios para cumplir con los compromisos adquiridos a través de la publicación de la Ley General de Cambio Climático (COFEPRIS, 2014).

A continuación se señalan estrategias y líneas de acción que plantea el PECC (*Diario Oficial de la Federación*, 2014b) respecto al sector salud:

*Estrategia 1.2 Instrumentar acciones para reducir los riesgos ante el cambio climático de la población rural y urbana.*

*Líneas de acción:*

- 1.2.6 Diseñar un sistema de alerta temprana con información epidemiológica de padecimientos específicos relacionados con el cambio climático.
- 1.2.7 Actualizar el marco normativo y programático del sector salud en materia de riesgos sanitarios asociados con el cambio climático.

*Estrategia 1.3 Fortalecer la infraestructura estratégica e incorporar criterios de cambio climático en su planeación y construcción*

*Línea de acción:*

- 1.3.7 Elaborar un diagnóstico de la infraestructura estratégica actual del sector salud e incorporar el enfoque de vulnerabilidad en los nuevos proyectos.

*Estrategia 5.4 Fortalecer esquemas e instrumentos de capacitación, investigación e información en materia de cambio climático.*

*Línea de acción:*

- 5.4.10 Contar con un diagnóstico para evaluar vulnerabilidad frente al cambio climático en el sector salud

A continuación se describen los compromisos o acciones del sector salud en cambio climático (COFEPRIS, 2014):

I. Evaluación de escenarios de cambio climático en distintos grupos sociales tomando en cuenta proyecciones demográficas:

1. Atlas Nacional de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Para prevenir y controlar los efectos nocivos de los factores ambientales en la población expuesta. Alertar y prevenir de manera oportuna a la población en episodios de riesgos ambientales.

II. Planes de actuación en salud pública a partir de sistemas de alerta temprana

2. Construir y desarrollar sistemas de vigilancia epidemiológica especiales. Identificar y proteger a la población en sitios vulnerables a los efectos del cambio climático (golpes de calor y efectos por temperatura baja), así como para prevenir el decremento o incremento de temperatura en el país.

III. Programas de vigilancia de enfermedades de transmisión vectorial

IV. Desarrollo de actividades para incrementar la conciencia y participación ciudadana

3. Sustancias tóxicas o peligrosas:

- Disminuir las concentraciones y volúmenes de gases efecto invernadero.
- Proteger a la población contra riesgos por sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos producto del impacto de plaguicidas, fertilizantes, precursores químicos y químicos esenciales.

V. Evaluación de escenarios de cambio climático en distintos grupos sociales tomando en cuenta proyecciones demográficas

4. Riesgos derivados de factores ambientales. Disminuir la emisión de gases efecto invernadero a la atmósfera producto de procesos de combustión (industrias, vehículos, quema de biomasa)

VI. Elaboración de cartografías de zonas vulnerables

5. Saneamiento básico. Coadyuvar a la disminución la generación de gases efecto invernadero provenientes de residuos generados entre otros establecimientos en hospitales, rastros, etcétera.

## RETOS DE INVESTIGACIÓN

En los últimos años el tema de cambio climático y salud humana se ha ido considerando en temas de investigación como dengue y enfermedades respiratorias, así como metodologías para identificar zonas de riesgo. Los hallazgos de estos esfuerzos son sin duda elementos indispensables para la toma de decisiones para el establecimiento de políticas públicas en adaptación y mitigación en el sector salud.

Los estudios epidemiológicos han sido útiles en el establecimiento de las relaciones iniciales entre el clima y la salud. Sin embargo, los métodos estándar han demostrado tener una aplicabilidad limitada en la búsqueda de evidencia de los primeros efectos del cambio climático; esto se debe a la necesidad de examinar los efectos a gran escala y las vías causales indirectas por periodos más largos en una amplia geografía.



La comprensión de la relación entre el clima y la salud es sólo el primer paso en la identificación de los posibles riesgos y vulnerabilidades de la población al cambio climático. Con el fin de informar las estrategias de adaptación y reducir futuros riesgos para la salud, es necesario evaluar si habrá un aumento en la población expuesta, si las estrategias de afrontamiento son adecuadas o si dicho incremento se traducirá en una mayor incidencia de enfermedades, lesiones o mortalidad. Un desafío aún mayor para quienes toman decisiones de salud e investigadores es la consideración de los efectos sobre la salud de la población de una secuencia o acumulación de eventos y condiciones. En general, los datos sobre efectos en la salud y vulnerabilidades a través de las poblaciones son necesarios para idear opciones adecuadas y una adaptación exitosa, pero la valoración de los costos y beneficios de salud también pueden ser un aporte útil y a veces necesario para el cálculo de los costos y beneficios de las iniciativas de reducción de GEI. Evaluaciones integrales como ésta puede demostrar la amplitud de los cobeneficios para la salud de las acciones para enfrentar el cambio climático (Menne y Ebi, 2006).

Algunos de los principales retos a enfrentar en cuestiones de investigación son los siguientes:

- Contar con un mayor desarrollo en la ciencia del clima y la salud pues permitirá tener una mejor evaluación de los impactos en la salud atribuibles al cambio climático.
- Desarrollar una línea de base de la evidencia sobre la relación entre cambio climático e impactos directos e indirectos sobre la salud.
- Llevar a cabo estudios regionales multidisciplinarios en los que los problemas de salud sean el eje transversal.
- Establecer un marco para el análisis de la capacidad de adaptación y definir la capacidad de las poblaciones seleccionadas para hacer frente y adaptarse a los impactos específicos.
- Identificar los factores de riesgo determinantes en las principales poblaciones vulnerables que permitan el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica ambiental junto con el monitoreo ambiental, dicha información proveerá de elementos sólidos para el establecimiento de políticas públicas.
- Contar con estudios que ofrezcan más y mejor información para el control de enfermedades infecciosas, incluyendo vectores y patógenos a partir de la cooperación interdisciplinaria entre los profesionistas de diversas áreas.
- Demostrar la utilidad y la replicabilidad de los métodos empleados en las evaluaciones de la relación de clima con la salud.

- Llevar a cabo la evaluación científica de las consecuencias para la salud de las medidas de adaptación en niveles comunitario, regional y nacional.
- Mejorar la comprensión de la medida en que la salud mejora ante la instrumentación de las estrategias de mitigación de GEI.
- Desarrollar sistemas de alerta temprana a partir de las necesidades planteadas en los mapas de riesgo a nivel regional y estatal.
- Establecer mapas de riesgo en cuestiones de seguridad alimentaria, en particular para las zonas norte del país, así como en zonas agrícolas o pecuarias inundables.
- Establecer los impactos por ondas de calor en zonas de riesgo para personas vulnerables como son ancianos, niños y aquellas que trabajan en exteriores.

La COFEPRIS (2014) ha propuesto las siguientes recomendaciones:

- Diseñar programas de vigilancia entomológica que consideren los cambios en la distribución geográfica y temporal de los vectores, así como estratificar y cuantificar riesgos entomológicos.
- Mejorar el acceso a la información climática y epidemiológica, así como perfeccionar los métodos analíticos y de comunicación de riesgos.
- Fortalecer sistemas de información en salud confiables donde se notifiquen a tiempo, de manera sistemática y continua, los reportes de incidencias por enfermedades epidémicas a largo plazo, lo cual es esencial para el desarrollo de modelos de asociación entre variables climáticas y enfermedades infecciosas, que juegan un papel fundamental en la instrumentación de sistemas de alerta temprana.
- Desarrollo de estrategias integrales de vigilancia epidemiológica y entomológica, así como programas de prevención y control de las ETV basadas en la participación conjunta del personal de salud, académico, autoridades y de la comunidad.
- Fortalecer los Programas Estatales de Cambio Climático (PECC) con indicadores epidemiológicos.
- Contar con una mayor resolución en el uso de sistemas de información geográfica, donde se integren en los perfiles térmicos, además de las características de vegetación y uso de suelo, indicadores de desarrollo y vulnerabilidad social, perfiles demográficos, ingresos económicos y estatus económico.

La comunidad de salud pública aboga por intervenciones preventivas para gestionar los riesgos relacionados con la variabilidad climática y el cambio del clima (Kovats *et al.*, 2003). Sin embargo, la prevención de la aparición de la enfermedad antes de que ocurra requiere un conocimiento adecuado de los impactos potenciales y vulnerabilidades existentes, así como la capacidad suficiente para actuar de manera que las intervenciones necesarias puedan ser desarrolladas. Debe realizarse un análisis detallado sobre la capacidad de los individuos, los gobiernos y las comunidades para adaptarse a los riesgos de salud asociados con la variabilidad del clima actual y a partir de las posibles condiciones futuras del cambio climático. Tener esta información ayudará mucho a enfrentar la vulnerabilidad e instrumentar medidas de adaptación más *ad hoc*.

## CONCLUSIONES

México presenta condiciones de vulnerabilidad particular ante el cambio climático a partir de su geografía, por el deterioro ambiental, así como por características sociales y culturales. Esto conduce a que su población tenga diferentes riesgos a la salud ante las modificaciones climáticas.

El sector salud será uno de los más vulnerables ante el cambio climático, por lo que deberá tomar medidas preventivas ante posibles escenarios agudos de efectos en la salud humana originados por la modificación en el clima.

Se identifican una serie de disparidades regionales y sectoriales en cuanto a contar con recursos económicos, a la capacidad de gobierno, y el acceso y la capacidad de utilizar la información sobre el cambio climático, que limitan la capacidad de adaptación en muchas regiones y entre muchas poblaciones, como los pobres y las comunidades indígenas.

En particular, la distribución y disponibilidad del agua se podrán ver afectadas, al igual que la productividad y distribución de alimentos cuyo impacto en los niños de zonas vulnerables pudiera ser importante. Las lluvias intensas podrán causar inundaciones en ciudades, así como deslaves en áreas de riesgo. Los aumentos en temperatura y precipitación podrán afectar la morbilidad por enfermedades transmitidas por vectores.

Es imperante el involucramiento de diversos sectores y disciplinas en el estudio, análisis, propuestas de solución y su instrumentación para enfrentar exitosamente los retos al sector salud ante el cambio climático.

## REFERENCIAS

- Ariano, R., G.W. Canonica y G. Passalacqua (2010). Possible role of climate changes in variations in pollen seasons and allergic sensitizations during 27 years. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 104(3): 215-222.
- Banco Mundial (2013). Las dimensiones sociales del cambio climático en México. Unidad Administrativa del Sector de Desarrollo Sustentable Región de América Latina y el Caribe. Washington, D.C.
- Beebe, N.W., R.D. Cooper, P. Mottram y A.W. Sweeney (2009). Australia's dengue risk driven by human adaptation to climate change. *PLoS Negl Trop Dis*, 3(5). e429.
- Berry, H.L., K. Bowen y T. Kjellstrom (2010). Climate change and mental health: A causal pathways framework. *Int J Public Health*, 55(2): 123-132.
- Bornehag, C.G., G. Blomquist, F. Gyntelberg, B. Jarvholm, P. Malmberg, L. Nordvall, A. Nielsen, G. Pershagen y J. Sundell (2001). Dampness in buildings and health. *Indoor Air*, 11(2): 72-86.
- Cakmak, S., R.E. Dales, R.T. Burnett, S. Judek, F. Coates y J.R. Brook (2002). Effect of airborne allergens on emergency visits by children for conjunctivitis and rhinitis. *Lancet*, 359(9310): 947-948.
- CCSP (2008). *Analyses of the Effects of Global Change on Human Health and Welfare and Human Systems Gamble*, J.L. (ed.), K.L. Ebi, A.E. Grambsch, F.G. Sussman y T.J. Wilbanks (autores). *Synthesis and Assessment Product 4.6, Final Report by the United States Climate Change Science Program (CCSP) and Subcommittee on Global Change Research*, United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, USA, 283 pp.
- COFEPRIS. Secretaría de Salud. México, D.F.  
<<http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Cambio%20climatico%20y%20salud/Cambio-climatico-y-salud.aspx>>. Consultada el 20 de noviembre de 2014.
- Delfino, R.J. (2002). Epidemiologic evidence for asthma and exposure to air toxics: Linkages between occupational, indoor, and community air pollution research. *Environ Health Persp*, 110(4 Suppl.): 573-589.
- Diario Oficial de la Federación* (2014a). Ley General de Cambio Climático, 6 de junio de 2012, última reforma 07 de mayo de 2014.
- Diario Oficial de la Federación* (2014b). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. 28 de abril de 2014.
- Ebi, K.L., J. Balbus, P.L. Kinney, E. Lipp, D. Mills, M.S. O'Neill, y M. Wilson (2008). Chapter 2: Effects of global change on human health. En *Analyses of the effects of global change on human health and welfare and human systems* [Gamble, J.L. (ed.), K.L. Ebi, F.G. Sussman y T.J. Wilbanks, (autores)]. Report by the United States Climate Change Science Program

- (CCSP) and Subcommittee on Global Change Research, United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, USA, pp. 2-1 a 2-78.
- EPA (2008). *Review of the impacts of climate variability and change on aeroallergens and their associated effects*. EPA/600/R-06/164F, Global Change Research Program (GCRP), National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development (ORD), United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, USA, 125 pp.
- Epstein, P. (2010). The ecology of climate change and infectious diseases: Comment. *Ecology*, 91(3): 925-928.
- Escalante-Sandoval C, Reyes-Chávez (2012). Análisis de la sequía meteorológica en el norte de México. XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Acapulco, Gro. Noviembre 2012.
- Euripidou, E. y V. Murray (2004). Public health impacts of floods and chemical contamination. *J Pub Health*, 26(4): 376-383.
- FAO (2008). Cambio climático, energía y alimentos. Hojas de datos. Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente. En: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0142s/i0142s.pdf>>. Consultada el 9 de junio, 2015
- Frei, T. y E. Gassner (2008). Climate change and its impact on birch pollen quantities and the start of the pollen season an example from Switzerland for the period 1969-2006. *Int J Biometeorol*, 52(7): 667-674.
- Gobierno del Estado de México (2009). *Iniciativa ante el cambio climático en el Estado de México*. Tlalnepantla, Edo. de México: Secretaría de Medio Ambiente. <[http://portal2.edomex.gob.mx/sma/cuida\\_medioambiente/cambio\\_climatico/groups/public/documents/edomex\\_archivo/sma\\_pdf\\_iniciativa\\_cam\\_clima.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/sma/cuida_medioambiente/cambio_climatico/groups/public/documents/edomex_archivo/sma_pdf_iniciativa_cam_clima.pdf)>. Consultada el 30 de julio de 2014.
- Greer, A., V. Ng. y D. Fisman (2008). Climate change and infectious diseases in North America: The road ahead. *Can Med Assoc J*, 178(6): 715-722.
- Harper, S.L., V.L. Edge, C. Schuster-Wallace, O. Berke y S.A. McEwen (2011). Weather, water quality and infectious gastrointestinal illness in two Inuit communities in Nunatsiavut, Canada: Potential implications for climate change. *EcoHealth*, 8(1): 93-108.
- INECC (2014). México, DF. SEMARNAT. <<http://www.inecc.gob.mx/>>. Consultada el 8 de noviembre de 2014.
- Institute of Medicine (2011). *Climate Change, the Indoor Environment, and Health*. Committee on the Effect of Climate Change on Indoor Air Quality and Public Health, Institute of Medicine of the National Academies. Washington, DC, USA: The National Academies Press. 286 pp.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2010). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*, vol. III. México, DF.: SEMARNAT. <<http://www.atl.org.mx/index>>

- php?option=com\_content&view=article&id=3074&Itemid=893>. Consultada el 20 de noviembre de 2014.
- IPCC (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Ginebra, Suiza, Organización Meteorológica Mundial. 34 pp.
- Ivers, L.C. y E.T. Ryan (2006). Infectious diseases of severe weather-related and flood-related natural disasters. *Curr Opin Infect Dis*, 19(5): 408-414.
- Jaakkola, J.J.K., B.F. Hwang y N. Jaakkola (2005). Home dampness and molds, parental atopy, and asthma in childhood: A six-year population-based cohort study. *Environ Health Persp*, 113(3): 357-361.
- Jacob, D.J. y D.A. Winner (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmos Environ*, 43(1): 51-63.
- Jiménez-Moleón M.C. y Gómez-Albores M.A. (2011). Waterborne diseases in the State of Mexico, Mexico (2000-2005). *J Water Health*, 9(1): 200-7.
- Kinney, P.L. (2008). Climate change, air quality, and human health. *Am J Prev Med*, 35(5): 459-67.
- Kinney, P.L., P. Sheffield, R.S. Ostfeld, J.L. Carr, R. Leichenko y P. Vancura (2011). Chapter 11: Public health. En: *Responding to Climate Change in New York State: The ClimAID Integrated Assessment for Effective Climate Change Adaptation in New York State* [Rosenzweig, C., W. Solecki, A. DeGaetano, M. O'Grady, S. Hassol, y P. Grubhorn (eds.)]. New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA), Albany, NY, USA: 397-438.
- Lafferty, K.D. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*, 90(4): 888-900.
- Levetin, E. y V. de Water (2008). Changing pollen types/concentrations/distribution in the United States: Fact or fiction? *Curr Allergy Asthma Rep*, 8(5): 418-424.
- Lo, E. y E. Levetin (2007). Influence of meteorological conditions on early spring pollen in the Tulsa atmosphere from 1987-2006. *J Allergy Clin Immunol*, 119(1 Suppl.), S101.
- Luber, G., K. Knowlton, J. Balbus, H. Frumkin, M. Hayden, J. Hess, M. McGeehin, N. Sheats, L. Backer, C.B. Beard, K.L. Ebi, E. Maibach, R.S. Ostfeld, C. Wiedinmyer, E. Zielinski-Gutiérrez, y L. Ziska (2014). Human Health. En: *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment* [Melillo, J.M., T.C. Richmond y G.W.

- Yohe (eds.]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 220-256. doi:10.7930/J0PN93H5.
- Mazari-Hiriart, M., López-Vidal, Y., Ponce-de-León, S., Calva, J.J., Rojo-Callejas, F. y Castillo-Rojas, G. (2005). Longitudinal study of microbial diversity and seasonality in the Mexico City Metropolitan Area Water Supply System. *Appl Environ Microb*, 71(9): 5129-5137.
- Menne, E., and Ebi, K. (eds.) (2006). Climate change and adaptation strategies for human health. Geneva: World Health Organization.
- Minero, F.J.G., P. Candau, J. Morales y C. Tomas (1998). Forecasting olive crop production based on ten consecutive years of monitoring airborne pollen in Andalusia (southern Spain). *Agr Ecosyst Environ*, 69(3): 201-215.
- Oswald Ú, Moreno AR, Tena O. (2014). Cambio climático, salud y género. En: Cambio climático, miradas de género. Ímaz Gispert, M. *et al.* (coord.). México, UNAM - Programa Universitario de Medio Ambiente, Programa de Investigación en Cambio Climático, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, PNUD, 2014: 85-136.
- Pinkerton, K.E., W.N. Rom, M. Akpinar-Elci, J.R. Balmes, H. Bayram, O. Brandli, J.W. Hollingsworth, P.L. Kinney, H.G. Margolis, W.J. Martin, E.N. Sasser, K.R. Smith y T.K. Takaro (2012). An official American Thoracic Society workshop report: Climate change and human health. *Proc Am Thorac Soc*, 9(1): 3-8.
- Riojas-Rodríguez H. (2015). Cambio climático, sequía y seguridad alimentaria en México. La salud en todas las políticas. 16 Congreso de Investigación en Salud Pública. Cuernavaca, Mor. 4-6 de marzo, 2015.
- Rittmaster, R., W. Adamowicz, B. Amiro y R.T. Pelletier (2006). Economic analysis of health effects from forest fires. *Can J Forest Res*, 36(4): 868-877.
- Romero, L.P. (2010). Water in Mexico City: What will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities? *Environ Urban*, 22: 157-178.
- Romero-Lankao, P., H. Qin y M. Borbor-Cordova (2013). Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Soc Sci Med*, 83: 110-118.
- Romero-Lankao, P., J.B. Smith, D.J. Davidson, N.S. Diffenbaugh, P.L. Kinney, P. Kirshen, P. Kovacs y L. Villers Ruiz (2014). *North America*. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 1439-1498.

- Rose, J.B., P.R. Epstein, E.K. Lipp, B.H. Sherman, S.M. Bernard y J.A. Patz (2001). Climate variability and change in the United States: Potential impacts on water and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environ Health Persp*, 109(2 Suppl.): 211-221.
- Rosenthal, J. (2009). Climate change and the geographic distribution of infectious diseases. *EcoHealth*, 6(4): 489-495.
- Russell, R.C. (2009). Mosquito-borne disease and climate change in Australia: Time for a reality check. *Aust J Entomol*, 48(1): 1-7.
- SAGARPA y FAO (2012). México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático, vol. I. México, DF: 439.
- Satterthwaite, D., Huq, S., Pelling, M., Reid, A. y Romero Lankao, P. (2007). *Building climate change resilience in urban areas and among urban populations in low- and middle-income nations*. IIED Research Report commissioned by the Rockefeller Foundation, IIED, 112 pp.
- Séguin J. (2008). Human health in a changing climate: A canadian assessment of vulnerabilities and adaptive capacity. Minister of Health. Ottawa, Ontario.
- SEMARNAT (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. *Visión*, 10: 20-40. México, DF.
- Smith, K.R., A. Woodward, D. Campbell-Lendrum, D.D. Chadee, Y. Honda, Q. Liu, J.M. Olwoch, B. Revich y R. Sauerborn (2014). *Human health: impacts, adaptation, and co-benefits*. En *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. United Kingdom y Nueva York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge: 709-754.
- Sosa-Rodriguez, E.S. (2010). Impacts of water-management decisions on the survival of a city: From ancient Tenochtitlan to modern Mexico City. *Water Res Devel*, 26(4): 675-687.
- Villeneuve, P.J., M. Doiron, D. Stieb, R. Dales, R.T. Burnett y R. Dugandzic (2006). Is outdoor air pollution associated with physician visits for allergic rhinitis among the elderly in Toronto, Canada? *Allergy*, 61(6): 750-758.
- Weisler, R.H., J.G. Barbee y M.H. Townsend, 2006: Mental health and recovery in the Gulf Coast after Hurricanes Katrina and Rita. *JAMA*, 296(5): 585-588.
- Wilson, K. (2009). Climate change and the spread of infectious ideas. *Ecology*, 90(4): 901-902.



# MÉXICO ANTE EL RETO DEL CAMBIO CLIMÁTICO: UNA TRANSICIÓN A LA SUSTENTABILIDAD CON EQUIDAD Y DESARROLLO

---

*Úrsula Oswald Spring\**

## INTRODUCCIÓN

Los capítulos anteriores analizan los estudios del IPCC, cuando primero, en septiembre 2013, se publicó el Reporte del Grupo de Trabajo 1, a fines de marzo 2014, el Reporte del Grupo 2 y, en octubre del mismo año, el del Grupo 3. Los resultados de los tres Reportes son abrumadores y dieron cuenta de cambios importantes en el planeta entero, algunos irreversibles, otros de impacto por cientos de años. SwissRe (2014) publicó los costos por algunos desastres en 2013, que ascienden globalmente a 150 mil millones de dólares, de los cuales sólo 45 mil millones fueron asegurados. Las pérdidas en vidas humanas fueron estimadas en 26,000 personas. Sólo el huracán Haiyan (Yolanda) en Filipinas, el más mortal, arrojó 7,500 muertos, seguido por la inundación en Uttarakhand, India, con 6,000 muertes. En ambos casos, muy pocas personas afectadas contaron con algún seguro contra el desastre, además de que sus casas eran mayormente construidas con materiales frágiles. En comparación con 2012, el monto de daños era menor, cuando ascendió a 196 mil millones de dólares, pero hubo sólo 14,000 muertes. Fue la tormenta Sandy la que había aumentado los costos, al impactar en zonas densamente pobladas del occidente de los Estados Unidos.

A pesar de estos datos muy preocupantes por el incremento de desastres, éstos no han ayudado a promover acuerdos multilaterales que fueran capaces de reducir las emisiones de los GEI. Al contrario, las negociaciones climáticas y ambientales se han paralizado a partir de la crisis económica de 2008. A su tiempo, los inte-

---

\* Investigadora titular 'C' del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM.

reses económicos vinculados con las transnacionales petroleras, automotrices, de aviación, espacial y mineras han promovida en todo el mundo una campaña de desinformación acerca de los estudios del IPCC y han negado los impactos presentes y futuros por el cambio climático. Destacan por su actividad como escépticos del cambio climático Exxon Mobil, Charles y David Koch, Darell Issa, Jack Gerard, Alex Epstein, Craig Idso, todos directivos de empresas multinacionales. Han presionado al Congreso y al gobierno norteamericano para impedir cualquier compromiso vinculante que pudiera reducir los gases de efecto invernadero. Del lado gubernamental, la crisis económica global del 2008 ha reducido la recaudación de impuestos y limitado la inversión para mitigar y adaptarse ante el cambio climático. Es más, gobierno y empresarios se han aliado en el G-8 y G-20 para apuntalar al sistema financiera global (Cabo San Lucas, 2012), aunque el tambaleante sistema todavía no ha reaccionado, dados sus severos problemas estructurales de las finanzas globales (Stiglitz, 2002, 2006; Soros 2002). Ante esta controversia, surgen inquietudes que se discutieron en Río+20. ¿Cuáles son las necesidades verdaderas de la tierra y cómo puede la sociedad global organizarse para priorizar su supervivencia y la del planeta tierra? De ahí nace una segunda pregunta ¿cuáles son las políticas públicas y las instituciones multilaterales y nacionales capaces de superar el presente bloqueo en las negociaciones y encauzar las actividades humanas hacia una transición sustentable, donde se reduzca la huella del carbono, se reciclen los materiales y desechos y se comprima el consumo global?

## HACIA UNA TRANSICIÓN CON SUSTENTABILIDAD

Estas dos preguntas conjuntan dos procesos: el de transición y el de sustentabilidad. Vincular transición y sustentabilidad implica cambios estructurales en los procesos productivos y de consumo desde lo individual hasta lo global. La práctica de saneamiento al final del tubo, la extracción de los recursos naturales, la destrucción de la biodiversidad y la contaminación de suelo, aire y agua han llevado a la tierra a sus límites. Hay que recordar que tenemos sólo este planeta y no conocemos otro sistema planetario alternativo dentro de nuestro alcance con la misma calidad de vida. Entonces, ¿por qué utilizamos hoy un planeta y medio, y qué vamos a dejar para las generaciones futuras? Ante la falta de alternativas no nos queda otra alternativa que cambiar el consumo y ajustarnos a lo que exista. Entonces surge la pregunta ¿cómo podemos promover este cambio radical y cuáles son los obstáculos que lo impiden?

El término desarrollo sustentable fue acuñado en el Reporte Brundlandt (1987) e implica: “satisfacer las necesidades de la generación actual sin por ello poner en peligro las oportunidades de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”. Retoma la inquietud del Club de Roma (Meadows *et al.*, 1972) que habló de recursos naturales limitados en la tierra y que la contaminación ambiental está agravando esta escasez. En la Cumbre por la Tierra en Río de Janeiro (1992) se desarrolló la Agenda XXI con políticas globales, nacionales y locales para promover un desarrollo sustentable. Desarrollo significa progreso, avance, crecimiento, mejoría. Se relacionan conceptual e ideológicamente con la visión darwiniana (Darwin, 1859) de la evolución, o sea, superar un estadio inferior y avanzar hacia uno superior, donde mayores capacidades de control de las fuerzas naturales permitirían evolutivamente avanzar y consolidarse como especie humana.

En este entendimiento el progreso representa también uno de los obstáculos más importantes a la sustentabilidad. El avance hacia un estadio superior no toma en cuenta los impactos negativos en los servicios ecosistémicos y en la disponibilidad de los recursos naturales. Por ello, el modelo actual de desarrollo prioriza el progreso a costa del agotamiento futuro. Como tercer elemento crítico se puso el consumo humano e industrial por encima de la capacidad de autorregulación de la tierra y por ende, se perdieron servicios ecosistémicos cruciales. Crutzen (2002) describió este proceso con el término Antropoceno, o sea, ahora se trata de un periodo de la tierra, donde los humanos rigen sobre los procesos naturales, pero sin tomar en cuenta su capacidad natural de restauración. Este comportamiento genera una primera gran contradicción: los humanos aumentan los riesgos por los eventos extremos (IPCC, 2012), debido a sus procesos productivos y de consumo, es decir, nosotros mismos causamos los impactos negativos en la tierra y, a la vez, somos las víctimas de nuestro propio comportamiento cuando eventos extremos se tornan en desastres más frecuentes (Oswald y Brauch, 2011).

A su tiempo, el término transición está relacionado con la misma tradición intelectual del progreso. Significa pasar de un estadio, forma o lugar hacia uno superior. Este proceso se analizó en múltiples disciplinas científicas: en la antropología Van Genep (1909) habló de “ritos de pasaje”, por ejemplo, cuando el adolescente es introducido socialmente a la vida adulta. En la medicina se utiliza el término para describir el paso de una enfermedad hacia una condición de salud. Jean Piaget (1950a/b) desarrolló en la psicología infantil los estadios de aprendizaje, de socialización y de inteligencia. Marx habló de la transición económica cuando los bienes comunales se han convertido en privados y Karl Polany (1944) documenta la transformación capitalista de la economía, la sociedad y la naturaleza en mercancía,

donde el capital se benefició de todos los factores de la producción (tierra, naturaleza y trabajo). Kuhn (1962) habló filosóficamente de la inconmensurabilidad, cuando una teoría dominante ya no explica adecuadamente los fenómenos de la realidad social y, por lo mismo, se tiene que sustituir por una teoría más abarcadora. También en la física se utiliza el término, cuando se presenta una transformación de un estado hacia otro, como pasa con el agua del estado líquida a vapor o a sólido. Las ciencias biológicas han precisado con detalle el proceso evolutivo de las especies (Darwin, 1859). Steffens y otros (2008) utilizaron en la ecología el término para explicar cómo un ecosistema es transformado o se transforma en otro, frecuentemente por los cambios en el uso del suelo.

De los ejemplos provenientes de estas diferentes disciplinas se puede concluir que la transición se refiere a cambios en estadios, comportamientos, estructuras y procesos, donde el elemento histórico es central. Estudios recientes (Grin *et al.*, 2010) han enfatizado en la transición hacia la sustentabilidad, donde los autores combinan ambos conceptos: desarrollo y sustentabilidad. Insisten en que estas transiciones se dan en arenas políticas y sociales determinadas, las cuales facilitan u obstaculizan dichos cambios. Además, incluyen actores diversos, sus actividades específicas y sus agendas particulares. Estos autores destacan como actores principales a los políticos, los movimientos sociales, los empresarios y los grupos de presión o de interés, que obedecen frecuentemente a presiones externas. Pueden provocar cambios o modificaciones del comportamiento o reforzar el existente. Esta 'Escuela de Holanda' ubica el inicio de un cambio en un nicho específico, localizado en el ámbito local. Estos nichos promueven mediante la experimentación las innovaciones tecnológicas y sociales, lo cuales, una vez reforzados, son capaces de cambiar el régimen sociotecnológico existente en lo local y proyectarlo hacia la arena regional. Al consolidarse, ésta presiona para alcanzar cambios en el régimen nacional. A la vez, las transiciones reciben estímulos o presiones desde las arenas más globales (*landscape*), que obedecen a intereses de la política internacional de desarrollo y de la globalización transnacional. A partir de estos elementos conceptuales, la escuela holandesa ha analizado casos exitosos de transición hacia la sustentabilidad en el área alimentaria, en una región extractiva que se ha convertido en turístico o en el sistema de salud. Descubrieron, además, que se podía reducir el tiempo para dichas transformaciones, cuando se promovían innovaciones sociotecnológicas.

A su tiempo, los procesos de transición obligan a cambios en instituciones, arenas y regímenes, además de haber inducido cambios en la función del Estado.

El ejemplo más evidente es la mano invisible del mercado que ha organizado los procesos productivos, de consumo y del capital financiero en función a sus intereses de maximizar las ganancias. Para controlar mejor sus procesos, este capital corporativo, junto con la mayoría de los gobiernos, ha privatizado los servicios públicos básicos, ha transformado las instituciones sociales y ha reducido la influencia del Estado como mediador en los conflictos entre capital y trabajo. Estas concertaciones se dan además en la arena global y entre actores muy desiguales. Para mitigar algunos impactos, producto de las crisis socioeconómicas globales provocados por este modelo depredador, han surgido luchas sociales que se han abocado a defender los valores humanos, ambientales y culturales básicos como el derecho a la vida y a un entorno natural sano. A pesar del deterioro social y ambiental y una concentración escandalosa de la riqueza, el modelo neoliberal sigue defendiendo al mercado como único motor de crecimiento, mientras que las organizaciones sociales globales exigen transformaciones en el modelo de producción y consumo para reducir los impactos del cambio climático. Al lado de estos procesos globales se están presentando modos de transición en diferentes países y en el ámbito local. Pueden iniciar en nichos específicos, pero necesitan transitar hacia escalas mayores para convertirse en procesos eficaces de transición, o sea, tienen que provocar cambios estructurales en el conjunto del sistema. Y hasta ahora sólo las empresas transnacionales han sido capaces de transitar hacia un modelo global de exclusión social, concentración de riqueza y deterioro ambiental.

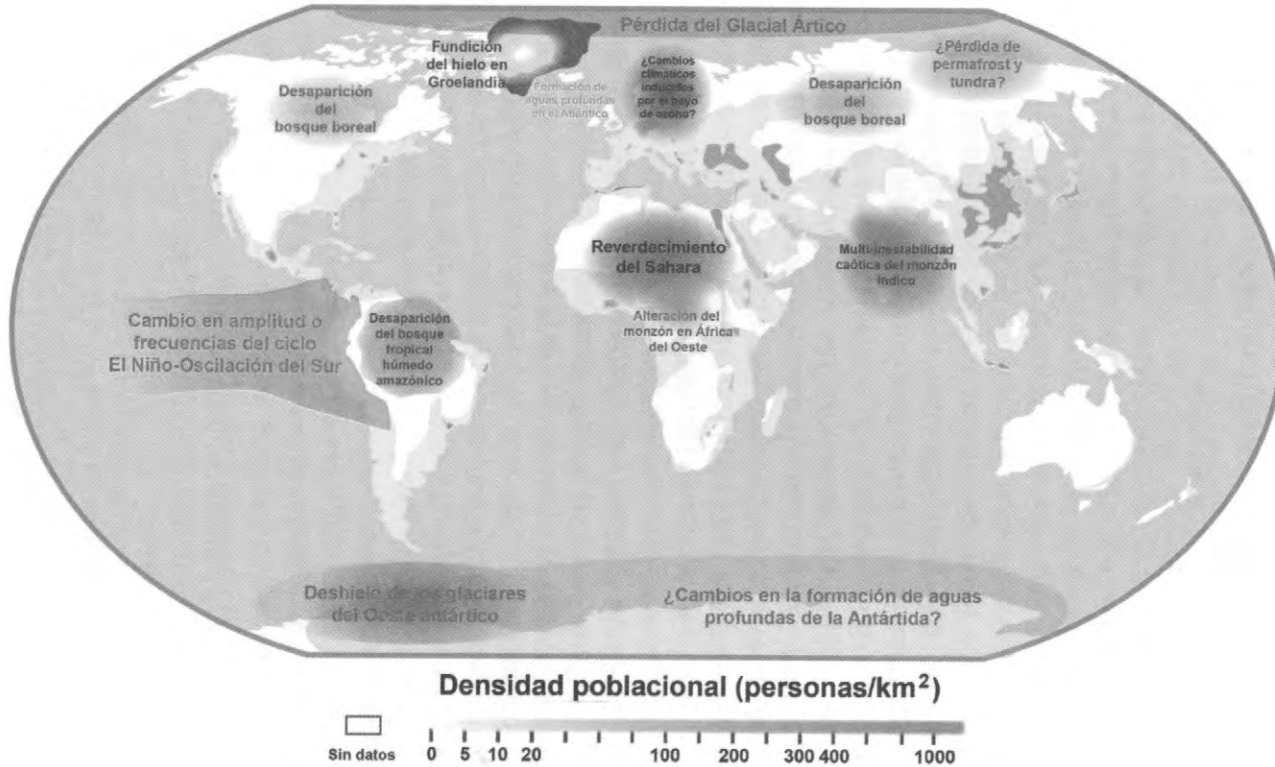
Siguiendo la teoría darwiniana de evolución, las transformaciones se pueden presentar paso por paso y con ajustes paulatinos o en forma abrupta. Por ello, el tiempo es crucial en el proceso evolutivo. Al analizar las grandes transiciones mundiales en la historia llama la atención el acortamiento temporal. Mientras que la revolución agrícola organizó la sociedad durante más de siete mil años, la revolución industrial duró unos 250 años y facilitó el surgimiento de ciudades y complejos industriales. La revolución más reciente, la tecnológico-comunicativa, tiene apenas 60 años y fue capaz de cambiar la historia de la tierra del Holoceno al Antropoceno, acompañada por una globalización regresiva (Held/McGrew, 2007) y un incremento en la desigualdad global. Este proceso acelerado de transición en las últimas décadas no hubiera sido posible sin los procesos sociales y tecnológicos de las fases anteriores. Sin pecar de neomalthusiano, la triplicación de la población en el siglo XX, resultado de las innovaciones médicas, ha generado transformaciones en la producción industrial, la agrícola (revolución verde, Borlaug y Dowsell, 2001), el consumo y el modelo financiero global. Este cambio fue acompañado por

el uso intensivo de hidrocarburos fósiles, cuyos impactos son emisiones dañinas de gases de efecto invernadero, cambios en el uso de suelo, contaminación de agua, aire y suelo, o sea, procesos que son responsables del cambio climático antropogénicamente provocado (IPCC, 2012, 2013, 2014).

A pesar de estas transiciones profundas en el sistema productivo, financiero, de transporte y de consumo global, el sistema político sigue anclado en el Estado-nación. Esta lenta adaptación política a los cambios sociotecnológicos, culturales y financieros ha creado tensiones y severas crisis financieras, la más honda inició en 2008. Al carecer el mundo de un gobierno global que tuviese la capacidad de controlar al capitalismo corporativo y sus medidas especulativas, no se han podido controlar los flujos financieros globales. Pero tampoco se han podido reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero y por lo tanto, la presión industrial y financiera transnacional ha impedido que gobiernos nacionales acuerden mecanismos vinculantes que reduzcan los peligros del cambio climático mediante un acuerdo post Kioto.

No sólo los seres humanos han producido transformaciones profundas en la tierra, también la interacción compleja entre actividades humanas y reacciones naturales puede provocar cambios sistémicos en el conjunto del planeta, en sus subsistemas (agua, aire, biodiversidad y suelo) o en sus condiciones de contorno, lo que puede precipitar cambios abruptos o puntos de ruptura en el sistema tierra (gráfica 1). Diversos autores (Gladwell, 2000; Lenton *et al.*, 2008; Shellnhuber *et al.*, 2009) han analizado potenciales puntos de ruptura físicoambientales en el planeta. Coinciden en que el hoyo de ozono, la inestabilidad en la capa de hielo en Groenlandia y en la Antártida, el colapso del Amazonas, la alteración del ciclo Niño/Niña (ENSO) con efectos en el monzón o la liberación de metano en la tundra siberiana representan algunos de los posible escenarios que pudieran afectar la supervivencia de amplios sectores humanos en el planeta. Sin llegar a estos extremos de rupturas irreversibles, un mayor número de desastres y fenómenos meteorológicos más extremos ya está afectando las vidas humanas, la infraestructura y las inversiones en diferentes partes del mundo. Estos avisos severos deberían llevar a la humanidad a proponer procesos de descarbonizar y desmaterializar la economía, o sea, una transición hacia la sustentabilidad, con el fin de limitar salidas complejas, tanto sociopolíticas como ambientales. Estos procesos afectan especialmente a los países del sur; aunque éstos hayan contribuido sólo marginalmente al cambio climático, los países industrializados deberían otorgar apoyos a estos países expuestos por razones éticas de una justicia social global.

Gráfica 1. Potenciales puntos de ruptura en el sistema Tierra



Fuente: Lenton *et al.* (2008). PNAS (2008: 1787).

## CAMBIO CLIMÁTICO, ESCASEZ Y CONTAMINACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y CONFLICTOS POTENCIALES

### Eventos extremos convertidos en desastres

Los datos recientes acerca de ondas de calor en Australia, tiempo primaveral durante los juegos olímpicos de invierno en Sochi, tempestades invernales y temperaturas extremadamente bajas en Estados Unidos y Canadá, contaminación severa del aire en Beijín, así como una sequía extrema en California y norte de México son indicadores de cambios en el sistema tierra. Los eventos de excepcional gravedad como el Tifón Haiyan en Filipinas o la coincidencia temporal del huracán Ingrid con Manuel<sup>1</sup> en México se presentan ahora con mayor frecuencia. Estos fenómenos indican impactos humanos y económicos crecientemente más severos. Cenapred (2012) reporta, además, que los daños causados por lluvias, sequías y huracanes entre 2000 y 2012 acumularon pérdidas económicas por 284.351 mil millones de pesos, lo que es mayor que el presupuesto anual conjunto de las secretarías de Salud, Desarrollo Social y Seguridad Pública. Sólo Wilma, Stan y Emily, en 2005, generaron daños por 45.1 mil millones de pesos en los estados de Quintana Roo, Chiapas, Yucatán y Veracruz (*idem.*). Ello explica que los impactos por eventos hidrometeorológicos extremos no son parejos en nuestro país, ni en el mundo. En México, los desastres han ocurrido precisamente en municipios con índices de alta y muy alta marginalidad, localizados en los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Tabasco. Han exacerbado la pobreza, ya que 71% de los municipios declarados como zona de desastre son altamente marginales. Justamente estos estados muestran además de la pobreza (Coneval, 2012), una falta de prevención, un manejo institucional deficiente, débil gobernanza y poca transparencia en el manejo de los fondos públicos y especialmente, en el Fondo Nacional de Desastres (Fonden).

### Algunas propuestas políticas que promueven el desarrollo sustentable con equidad

La transición en México enfrenta por lo tanto, problemas históricos y estructurales complejos, que requieren de un acercamiento multinstitucional y multidisciplina-

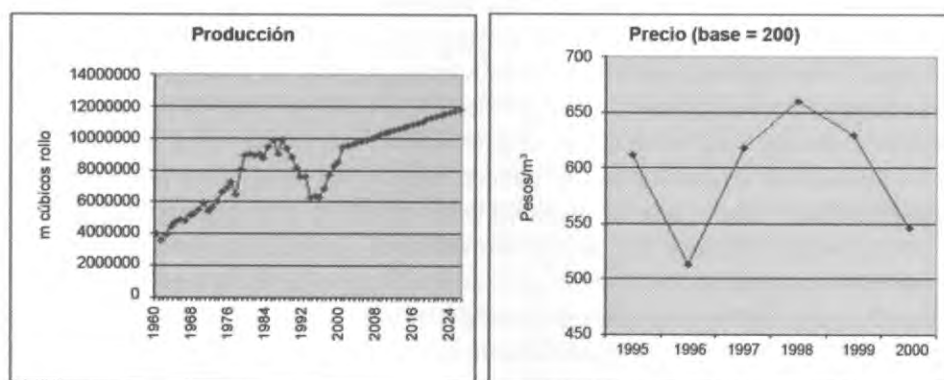
<sup>1</sup> Estos dos desastres han causado en México más de 153 muertos y Guerrero fue afectado en 72.4% de su territorio. En todo México, 312 municipios en 23 estados tuvieron daños y 43,000 escuelas, 1,153 clínicas y hospitales, así como 613,000 hectáreas de cultivos fueron destruidos y más de 100,000 cabezas de ganado murieron. Los costos fueron estimados en 75 mil millones de pesos.



rio, con el fin de encaminarse hacia una transición sustentable. Sin duda alguna, la eficiencia energética es un tema central, donde se pretende lograr una reducción sustancial de la energía fósil, pero sin afectar los niveles de bienestar y al contrario, en municipios pobres, mejorar las condiciones de vida. La transición energética debería promover edificios y casas más eficientes, donde se aprovechara la luz solar, la circulación del aire, la ubicación para reducir el calor y la siembra de árboles con el fin de mejorar el microclima. México cuenta con un importante potencial para energía eólica y solar, capaz de producir calor mediante dispositivos termosolares y como energía eléctrica con celdas fotovoltaicas o concentradores solares. Hay zonas con alto potencial de viento, pero la producción de energía eólica se ha enfrentado a movimientos sociales, porque las empresas nacionales y transnacionales han querido enriquecerse descomunadamente a costa de la pobreza e ignorancia de ejidatarios y comuneros. Además, los 11 mil kilómetros de costas permitirán desarrollar energía mareomotriz a partir de corrientes marítimas, olas y mareas. Por último, la cadena neovolcánica ofrece oportunidades de energía geotérmica. El conjunto de estas tecnologías reducirán las emisiones de bióxido de carbono y a la vez, impulsarán un desarrollo regional que consolidará la seguridad energética. Producir energía limpia es necesario para el desarrollo de las regiones rezagadas y, al mismo tiempo, se podrá reducir el impacto por los gases de efecto invernadero.

México es también un país con vocación forestal. Las pendientes pronunciadas y deforestadas han facilitado la erosión y durante tormentas tropicales han provocado deslizamientos de tierra con consecuencias fatales para habitantes expuestos. De las 195 millones de hectáreas existentes, 22.2 millones son de bosques, pero se aprovechan sólo 8.7 millones de hectáreas. De la superficie forestal total cerca de 22% requiere, además, de algún tipo de restauración, mientras que 9 millones de hectáreas (6%) son declaradas áreas naturales protegidas (Torres Rojo, 2008). Las áreas altamente deterioradas se localizan precisamente en algunas trayectorias de huracanes (Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Yucatán). Una restauración no sólo aumentará la captura de carbono, sino que protegerá a comunidades y ciudades expuestas a desastres. A la vez, 60% de los bosques está en manos de ejidatarios y comuneros (gráfica 2). Se trata generalmente de unidades productivas de alta marginalidad, carentes de ingresos permanentes, cuyos hijos son desnutridos y los adultos obesos. Recurren a la recolección de la biomasa para preparar sus alimentos y aumentan así la deforestación. Un manejo agroforestal sustentable permitirá a estos grupos sociales mejorar sus ingresos y protegerse ante eventos extremos. Asimismo, la tala clandestina, crecientemente en manos del crimen organizado, es la segunda causa de deforestación en México y aumenta la inseguridad entre

Gráfica 2. Tendencias de la producción y precios de madera en rollo

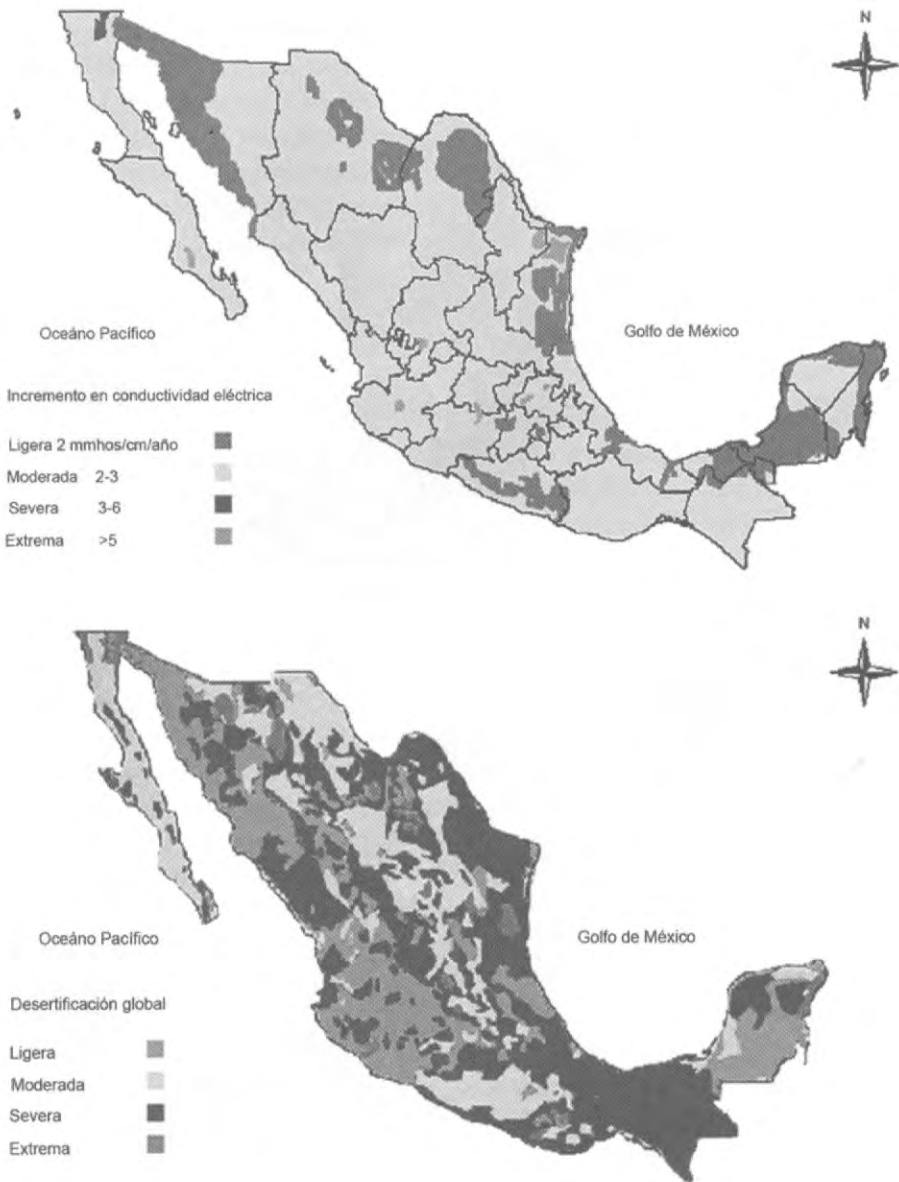


Fuente: Estimación propia con datos derivados de la CNIDS y Semarnat.  
<<http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s08.htm>>.

familias indígenas y campesinas. Una política forestal proactiva debería ajustar el marco jurídico poco claro de la tenencia de las tierras forestales, mejorar el acceso limitado al financiamiento, apoyar la falta de organización interna y promover esquemas sociales y empresariales sustentables que evitarán que se subvalúen estas tierras y se abandonen, lo que ha facilitado la tala clandestina (ITAM, 2010).

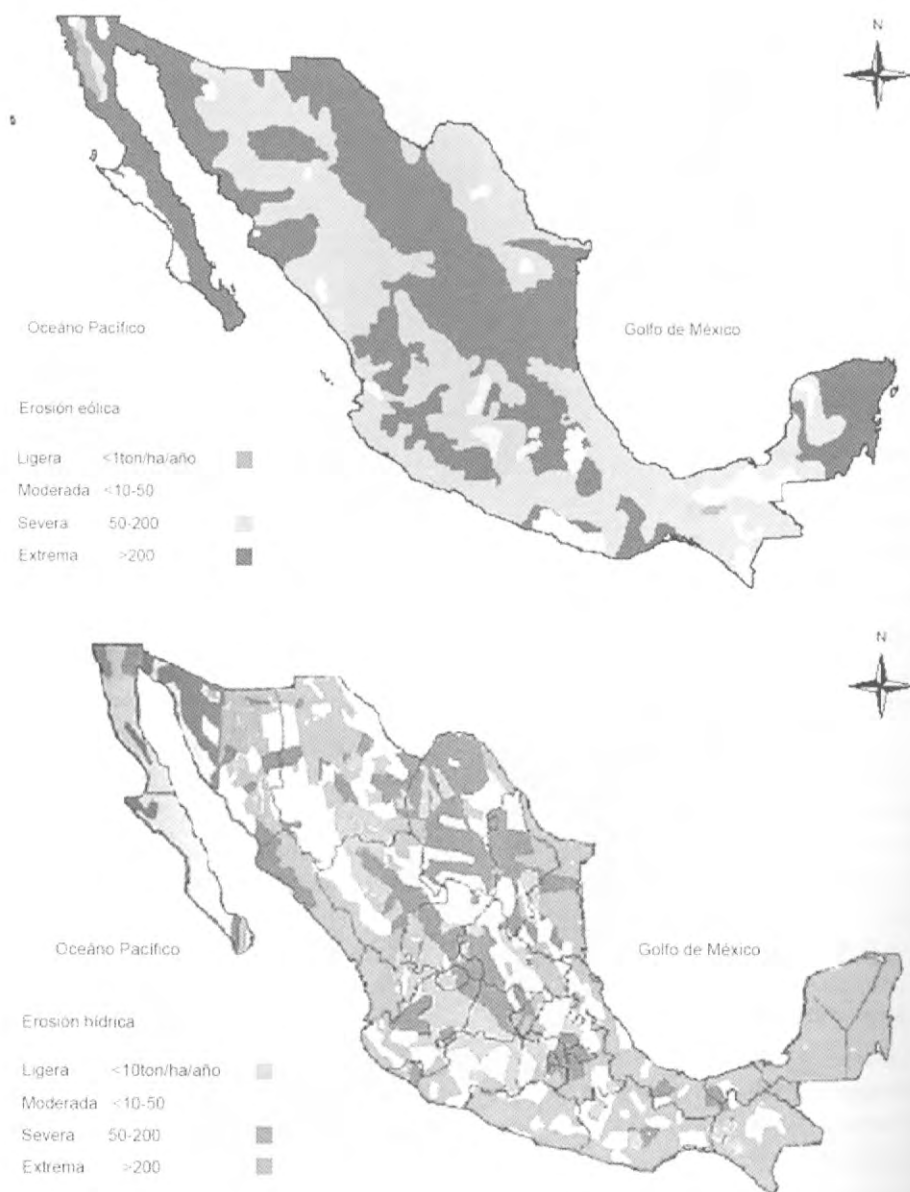
Otro problema relacionado con el bosque y su conservación es el cambio en el uso del suelo forestal hacia agrícola y urbano. Un inadecuado manejo de suelos en pendientes los erosiona y limita la infiltración de las precipitaciones, lo cual repercute cuenca abajo en inundaciones por avenidas extraordinarias. El deterioro de los suelos como sostén de la vegetación y como captor de bióxido de carbono se expresa en erosión hídrica, eólica, física, salinización y desertificación (gráfica 3). Además, la sobrexplotación de acuíferos y el aumento en el nivel del mar ha provocado la intrusión de agua salina a los mantos freáticos costeros, salinizando el agua potable y las tierras agrícolas. En zonas de alta productividad agrícola, el mal manejo del riego, la falta de nivelación de campos y el uso intensivo de agroquímicos han incrementado la salinización, sobre todo cuando se bombea agua desde grandes profundidades o en las costas con intrusión de agua del mar (Rangel *et al.*, 2011). La conjunción entre factores naturales y antrópicos ha producido deforestación, erosión y desertificación, pero también migración y pobreza.

Gráfica 3. Deterioro del suelo en México



Fuente: Semarnat (2012).

Gráfica 3. Deterioro del suelo en México



Fuente: Semarnat (2012).

Finalmente, México sufre por pobreza alimentaria. De acuerdo con la ENSNUT (2012), 2.8% de niños menores de cinco años muestran peso bajo, 13.6% talla baja y 1.6% desnutrición aguda. La prevalencia de desnutrición se encuentra en zonas rurales del sur con una prevalencia de 27.5%, comparado con 13.9% en el promedio nacional. Al mismo tiempo, 34.4% de los escolares entre 5 y 11 años tienen sobrepeso y obesidad, o sea, en ambos casos se trata de malnutrición. Cuando ocurren desastres en estas zonas ambiental y socialmente vulnerables se agrava la pobreza, sobre todo cuando falta apoyo gubernamental para reducir los impactos, como ocurrió con Ingrid y Manuel en la Montaña de Guerrero.

## MIGRACIÓN ANTE UN DILEMA DE SUPERVIVENCIA

La migración ambientalmente inducida puede reducir la vulnerabilidad relacionada con los desastres y generar oportunidades de una vida nueva. Sequías prolongadas y eventos extremos con deficiente apoyo gubernamental o corrupción han obligado a personas y comunidades a emigrar. No obstante, la migración requiere de recursos económicos y sociales y precisamente, los más vulnerables carecen de estos medios para salir de su comunidad. Ante un dilema de supervivencia pagan frecuentemente con su vida la permanencia en zonas de alto riesgo (Oswald *et al.*, 2014). Asimismo, la opción de migración interna hacia una ciudad cercana o la capital, enfrenta a los migrantes en el lugar de llegada a la falta de espacios para asentarse. Los sitios más seguros y con servicios están ocupados o en venta por corredores inmobiliarios, fuera del presupuesto de los recién llegados. Como consecuencia, le queda al inmigrante sólo asentarse en zonas de alto riesgo (barrancas, lechos de ríos desecados o cerros con pendientes). A pesar de estos riesgos, la migración se ha convertido en una estrategia de adaptación histórica (migración de pueblos enteros desde África hacia Europa, Medio Oriente o América) y se presenta hoy en todo el mundo (IPCC, 2014).

Ante riesgos inaceptables, al gobierno no le queda otra opción que reubicar a las poblaciones expuestas. No obstante, los resultados de estos reasentamientos oficiales han sido poco satisfactorios en todo el mundo y en muy diversos contextos sociales (Oliver-Smith, 2004), dado que pocas veces se involucra a mismos afectados. Bronen (2011) muestra que la participación activa de esquimales en Alaska, amenazados por una erosión severa en sus costas, deshielo y aumento en el nivel del mar, tuvo éxito cuando los indígenas organizaron su reubicación con el apoyo financiero y técnico gubernamental.

En resumen, los desafíos del cambio climático y sus impactos son gigantescos en todo el mundo, pero especialmente en México que se encuentra fuertemente afectado por el cambio climático. El conjunto de los factores interrelacionados muchas veces, aumenta los riesgos para las personas y sus bienes por los desastres crecientemente más serios y de mayor frecuencia. El camino entre riesgos inaceptables, costos elevados e innovaciones tecnológicas obligan a la sociedad, las empresas y al gobierno a encontrar vías factibles hacia una transición, donde cambios acumulativos permitirán alcanzar paulatinamente una sustentabilidad socioambiental (gráfica 4).

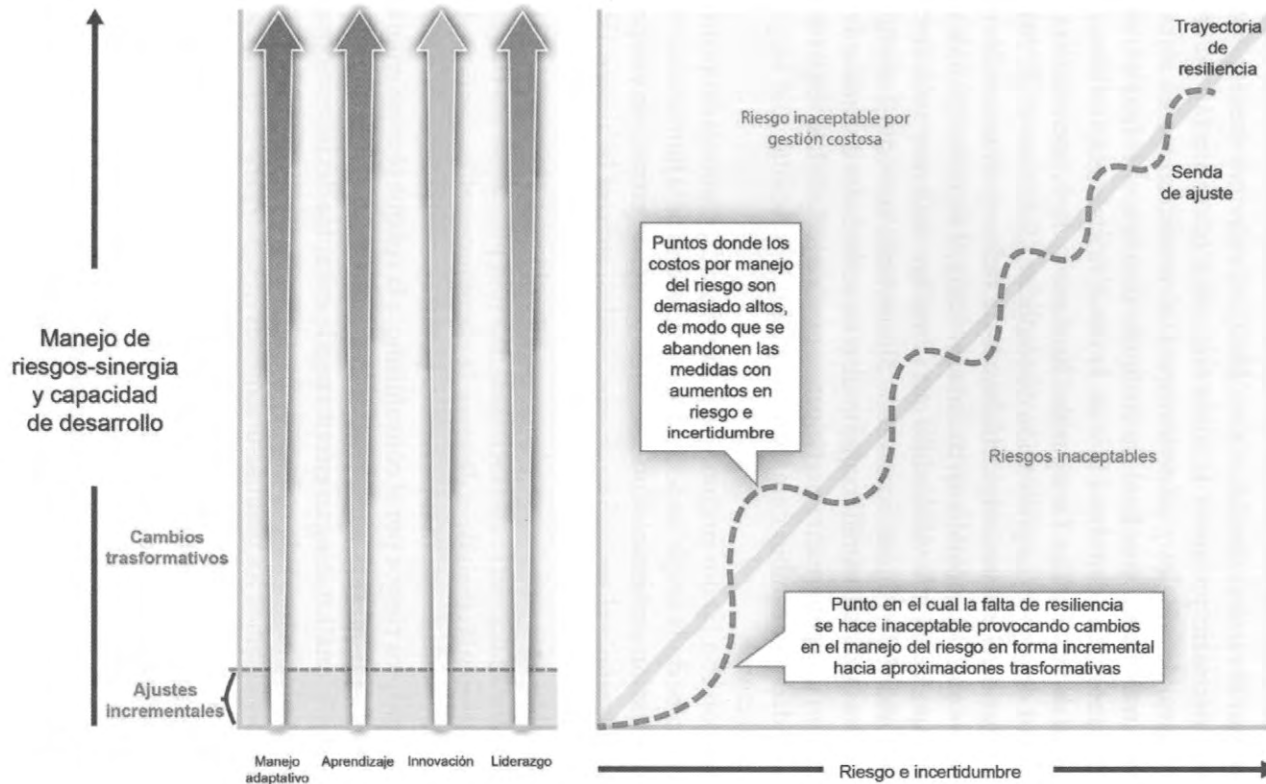
## REFLEXIONES FINALES

Tanto en México como en otros países del sur, los eventos extremos han aumentado la inseguridad humana. Como muestra el IPCC (2014), el cambio climático puede afectar la seguridad humana de múltiples formas. Destaca la destrucción o afectación del bienestar, el aumento de la migración ambientalmente inducida (Oswald *et al.*, 2014), la pérdida de recursos naturales, necesaria para la supervivencia y el surgimiento de conflictos potenciales por recursos crecientemente más escasos y contaminados. Al enfrentar un dilema de supervivencia (Brauch, 2008) se presenta hambre y desnutrición, pero también migración forzada, que compromete la cultura y la identidad de los migrantes, a la vez que aumenta el estrés y los riesgos para los que se han quedado atrás (Oswald, 2012).

El Reporte del IPCC (2014) indica que los impactos por el cambio climático pueden afectar la infraestructura vital de transporte, agua, saneamiento y energía. Especialmente, las pequeñas islas experimentan retos a su integridad territorial y su soberanía, cuando el aumento en el nivel del mar y las olas por tormentas tropicales dañan también las tierras productivas y los abastos de agua limpia. Pero existen también impactos transfronterizos relacionados con cambios en la cubierta de hielo (conflictos por los recursos y rutas marítimas en el Ártico), migración de cardúmenes de peces (Perú y Chile) o recursos hídricos compartidos que pudieran desafiar a Estados y sus instituciones. Acuerdos mutuos, instituciones sólidas y mecanismos noviolentos de negociación de conflictos permitirán manejar estas rivalidades y encontrar salidas para el bien de todos los afectados. En caso contrario, la violencia desatada pudiera afectar la seguridad humana en múltiples regiones.

Al enfatizar en una seguridad humana integral, que promueve la ausencia de miedo, de necesidades, de desastres y que garantice la aplicación de leyes y el respeto

Gráfica 4. Caminos hacia un transformación sustentable



Fuente: IPCC (2012).

a los derechos humanos, se pueden encontrar medidas preventivas para reducir los riesgos por el cambio climático (CHS, 2003). Al enfrentar eventos extremos y desastres es necesario promover la alerta temprana, la evacuación preventiva, el establecimiento de refugios y, posteriormente, la reconstrucción en zonas menos riesgosas. Durante estas tres fases de cualquier desastre, el énfasis en seguridad humana garantizará el derecho a la vida, la salud, la vivienda, la alimentación y la protección de vulnerables. La seguridad humana incluye, además, la reducción de riesgos por desastres y la prevención de conflictos (Scheffran *et al.*, 2012). Una visión de seguridad humana integral incluye los derechos políticos, socioculturales y económicos en la vida cotidiana, orientados hacia el bienestar de todos los humanos, en especial los más vulnerables que son niñas, mujeres y ancianos. Incluye proveer seguridad de género, económica, alimentaria, ambiental, energética, de salud e hídrica (IPCC, 2014). El conjunto de estas actividades en arenas de sustentabilidad y con una gobernanza participativa pueden reducir los riesgos asociados a la variabilidad y el cambio climático (IPCC, 2012) y facilitar una adaptación y resiliencia efectiva.

En relación con las dos preguntas de investigación planeadas al principio del capítulo, no cabe duda de que las necesidades verdaderas de la humanidad coinciden con la restauración ambiental. Con el modelo actual de extracción y depredación el sistema humano y el natural están amenazados, aunque la historia de 4.5 mil millones de años de existencia de la tierra ha mostrado que cuenta con capacidad de recuperación ante cataclismos gigantescos. Por lo tanto, es más bien la especie humana, la que se convierte en amenazada, no sólo por causar los riesgos por su comportamiento y las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también por los eventos crecientemente más extremos. Como conclusión, los humanos incrementan sus propios riesgos por el consumismo, a la vez que se convierten también en víctimas de sus propias acciones. Por lo mismo, ante amenazas relacionadas con el cambio climático, ningún ejército puede evitar los desastres. Sólo cambios en el sistema productivo y de consumo, o sea, una transición hacia la sustentabilidad, abrirían caminos hacia un futuro menos riesgoso para la especie humana. Enfrentada a una globalización injusta y un cambio ambiental global, es necesario activar nichos en todos los sectores y niveles, desde lo comunitario, lo nacional hasta lo global para decarbonizar y desmaterializar la producción y el consumo. Al priorizar la supervivencia humana y la del planeta tierra, la sociedad global pero también cada individuo pueden participar en este reto de transición hacia la sustentabilidad. Las políticas públicas, las multilaterales y las nacionales deberían superar los intereses mezquinos de sectores minoritarios y la sociedad global



debería enfrentarse de manera articulada a las presiones provenientes del sistema transnacional corporativo global. Unidos sociedad, empresarios éticos y gobiernos democráticos se puede emprender el sendero hacia una transición sustentable que sea capaz de superar el dilema de la supervivencia.

La falta de consensos globales para reducir los gases de efecto invernadero está aumentando los riesgos y los desastres, no sólo han impactado a los países pobres, sino, crecientemente, han causado daños severos en los países industrializados. Urgen por ello acuerdos globales para reducir dichos riesgos y la incertidumbre asociada. Mecanismos de colaboración en el ámbito local, nacional y global pueden promover energías limpias, procesos productivos desmaterializados y hábitos sustentables de consumo. El tiempo presiona, falta sólo la voluntad de cada ciudadano, pero también la de los gobiernos, empresarios e instituciones multilaterales para controlar a las empresas transnacionales y lograr lo más rápidamente posible una transición hacia la sustentabilidad.

## REFERENCIAS

- Borlaug, Norman y Christopher Dowsell (2001). La inacabada revolución verde—El futuro rol de la ciencia y la tecnología en la alimentación del mundo en desarrollo. *AgBioWorld*. <<http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html>>.
- Brauch, Hans Günter (2008). From a security towards a survival dilemma. En Brauch, Hans Günter; Oswald Spring, Úrsula; Mesjasz, Czeslaw; Grin, John; Dunay, Pal; Behera, Navnita Chadha; Chourou, Béchir; Kameri-Mbote, Patricia; Liotta, P.H. (eds.), *Globalization and environmental challenges: Reconceptualizing security in the 21<sup>st</sup> century*. Berlín: Springer: 537-552.
- Bronen, R. (2011). Climate-induced community relocations: Creating an adaptive governance framework based in human rights doctrine. *New York University Review of Law and Social Change*, 35(2): 356-406.
- Cenapred (Centro Nacional de Prevención de Desastres) (2012). *Informe de rendición de cuentas 2012*. Cenapred, México, DF.
- CHS [Commission on Human Security] (2003). *Human security now, protecting and empowering people*. Nueva York: Commission on Human Security. <<http://www.humansecurity-chs.org/finalreport/>>.
- Coneval (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) (2012). *Informe de pobreza y evaluación en el estado de Morelos 2012*. Coneval, México, DF.
- Crutzen, Paul J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415, 3: 23, enero.

- Darwin, Charles (1859). *On the origin of species*, <[http://darwin-online.org.uk/Editorial-Introductions/Freeman\\_OntheOriginofSpecies.html](http://darwin-online.org.uk/Editorial-Introductions/Freeman_OntheOriginofSpecies.html)>.
- ENSNUT (2012). *Encuesta nacional de salud y nutrición 2012*, INSP, Cuernavaca.
- Gladwell, Malcolm (2000). *The tipping point: How little things can make a big difference*. Little Brwon.
- Grin, John; Rotmanns, Jan; Schot, Johan (2010). *Transitions to sustainable development. new directions in the study of long term transformative change*. Nueva York: Routledge.
- Held, David y Anthony McGrew (2007) (eds.). *Globalization theory. Approaches and controversies*. Cambridge: Polity Press.
- IPCC (2013). *Climate change 2013. Synthesis report*, Working Group 1, IPCC, Ginebra.
- IPCC (2014). *Climate change 2014. Synthesis report*. Working Group 2, IPCC, Ginebra.
- IPCC (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation [SREX]*. IPCC, Ginebra.
- ITAM (2010). *El sector forestal en México: diagnóstico, prospectiva y estrategia*, México, DF: ITAM.
- Juan Manuel Torres Rojo (2008). *Estudio de tendencias y perspectiva del sector forestal en América Latin al año 2020. Informe Nacional México*. FAO, Roma.
- Kuhn, Thomas S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lenton, Timothy M. Hermann Held, Elmar Kriegler, Jim W. Hall, Wolfgang Lucht, Stefan Rahmstorf and Hans Joachim Schellnhuber (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS*, vol. 105, núm. 6: 1786-1793, febrero 12.
- Meadows, Donella, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers y William W. Behrens III (1972). *The limits to growth*. Nueva York: New American Library.
- Oliver-Smith, Anthony (2004). Theorizing vulnerability in a globalized world. A political ecological perspective. En Bankoff, Greg; Ferks, Georg; Hilhorst, Dorothea (eds.), *Mapping vulnerability. Disasters, development and people*. Londres: Sterling, Earthscan: 10-24.
- Oswald Spring, Úrsula (2012). Vulnerabilidad social en eventos hidrometeorológicos extremos. Una comparación entre los huracanes Stan y Wilma en México. *Sociotam. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. XXII, núm. 2: 125-145, julio-diciembre.
- Oswald Spring, Úrsula, Serena Eréndira Serrano Oswald, Adriana Estrada Álvarez, Fátima Flores Palacios, Maribel Ríos Everardo, Hans Günter Brauch, Teresita E. Ruíz Pantoja, Carlos Lemus Ramírez, Ariana Estrada Villanueva, María Teresa Mónica Cruz Rivera (2014). *Vulnerabilidad social y género entre migrantes ambientales*. Cuernavaca, México: CRIM-UNAM.

- Oswald Spring, Úrsula; Brauch, Hans Günter (2011). Coping with global environmental change-sustainability revolution and sustainable peace. En Brauch, Hans Günter *et al.* (eds.), *Coping with global environmental change, disasters and security-Threats, challenges, vulnerabilities and risks*. Berlín: Springer: 1487-1504.
- Piaget, Jean (1950a). *Introduction à l'épistémologie génétique*. Buenos Aires: Paidós.
- Piaget, Jean (1950b). *The psychology of intelligence*. Londres: Routledge-Kegan Paul.
- Polany, Karl (1944). *The great transformation*. <[http://cemusstudent.se/wp-content/uploads/2012/02/KarlPolanyi\\_The-Great-Transformation\\_book.pdf](http://cemusstudent.se/wp-content/uploads/2012/02/KarlPolanyi_The-Great-Transformation_book.pdf)>.
- Rangel Medina, Miguel, Rogelio Monreal Saavedra y Christopher Watts (2011). Coastal aquifers of Sonora: Hydrogeological analysis maintaining a sustainable equilibrium. En Úrsula Oswald Spring (ed.), *Water resources in Mexico. Scarcity, degradation, stress, conflicts, management, and policy*. Berlín: Springer: 73-86.
- Reporte Brundlandt (1987). *Our common future*. UNEP, Nairobi.
- Scheffran, Jürgen; Brzoska, Michael; Brauch, Hans Günter; Link, Michael; Schilling, Janpeter (eds.) (2012). *Climate change, human security and violent conflict: Challenges for societal stability*. Berlín: Springer.
- Semarnat (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental*. México, DF: SEMARNAT.
- Shelnhuber, Hans Joachim (2009). Tipping points in Earth System. *PNAS*, vol. 196, núm. 49: 20561-20563.
- Soros, George (2002). *Globalization*. Barcelona: Planeta.
- Steffen, W., A. Sanderson, P.D. Tyson, J. Jäger, P.A. Matson, B. Moore III, F. Oldfield, K. Richardson, H.J. Schellnhuber, B.L. Turner II, R.J. Wasson (2008). *Global change and the Earth system. A planet under pressure. The IGBP series*. Berlín: Springer.
- Stiglitz, Joseph (2002). *Globalization and its discontents*. Nueva York: W.W. Norton.
- Stiglitz, Joseph (2006). *Making globalization work*. Nueva York: W.W. Norton.
- SwissRe (Swiss Reinsurance Company) (2014). *Natural catastrophes and man-made disasters in 2013: Large losses from floods and hail; Haiyan hits the Philippines*. Zurich: SwissRe.
- Torres Rojo, Juan Manuel (2008). *Estudio de tendencias y perspectiva del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe nacional México*. FAO. Roma.
- Van Genep, Arnold (1909). *Le rite de passage*. París: PUF.

## SEMBLANZAS

**Fernando Aragón-Durand.** Es profesor-investigador, consultor internacional y evaluador de programas, proyectos y políticas públicas en adaptación, vulnerabilidad al cambio climático y gestión de riesgo de desastres para México, Centro y Sudamérica. Es autor líder del Quinto Reporte de Evaluación; Grupo de Trabajo II, impactos, vulnerabilidad y adaptación, capítulo 8 “Urban Areas” para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014). Es doctor en planeación urbano-regional por la Development Planning Unit/University College London y fellow del Programa Leadership for Environment and Development (lead.org). El Dr. Aragón-Durand ha escrito numerosos artículos científicos y capítulos de libro en cuestiones de reducción del riesgo de desastres, adaptación al cambio climático en las políticas públicas, educación ambiental y desarrollo sustentable. Es dictaminador de revistas internacionales especializadas como *Environmental Science and Policy*, *Current Opinion in Environmental Sustainability*; *Environment and Urbanization*; *Cities*; *Disasters*; *Population and Environment*; *Environment, Development and Sustainability* y *Water*, y revistas nacionales como *Estudios Demográficos y Urbanos* (Colegio de México), *Trayectorias* (UNAL) y *Papeles de Población* (UAEM), *Estudios Fronterizos* (UABC).  
Contacto: (manecas\_43@yahoo.co.uk).

**Natalia V. Brutto.** Ministerio de Defensa de la República Argentina; Secretaría de Coordinación Militar de Asistencia en Emergencias; Subsecretaría de Planeamiento para la Asistencia en Emergencias.

Es licenciada en sociología por la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires, especialista en gestión ambiental metropolitana por la misma universidad y tiene estudios de posgrado de gestión y reducción de riesgo de desastres por la Universidad del Salvador. Ha sido becaria de investigación de la Universidad de Buenos Aires en temas de sociología urbana y percepción del riesgo. Actualmente, se desempeña como responsable del equipo de Información para el

análisis y la gestión de riesgos en la Secretaría de Coordinación Militar de Asistencia en Emergencias del Ministerio de Defensa de la Nación en la República Argentina. Contacto: (natalia.brutto@mindef.gov.ar).

**Xochitl Cruz Núñez.** Es química y maestra en ciencias químicas por la UNAM. Con una experiencia docente de diez años en la UNAM, fue, además, investigadora en el Instituto Mexicano del Petróleo, en modelación de la calidad del aire, donde participó en el primer esfuerzo internacional para caracterizar la contaminación atmosférica de la Ciudad de México.

Posteriormente, se desempeñó en los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México en las áreas de transporte, impacto ambiental y políticas públicas.

En la actualidad, colabora en el grupo Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM en las áreas de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y carbono negro, fuentes clave y mitigación del cambio climático. Además, realiza investigaciones de la dinámica de las ciudades y el cambio climático.

Es autora líder para el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas para el capítulo 8: transporte, y el resumen técnico del volumen 3: mitigación.

Contacto: (xcruz@unam.mx).

**Manyu Chang.** Es licenciada en ciencias económicas-USP, maestra en desarrollo rural-UFRRJ y doctora en medio ambiente y desarrollo-UFPR. Realizó posdoctorado en vulnerabilidad a extremos climáticos en el Estado de Paraná-IVIG/COPPE-UFRRJ. Actualmente, es investigadora de la Fundación Oswaldo Cruz-FIOCRUZ en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente en el tema de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en Brasil. Desde 2000, trabaja en el ámbito del cambio climático. Fue responsable de la Coordinación de Cambio Climático en la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Paraná (SEMA-PR) y secretaria ejecutiva del Foro Paranaense de Cambio Climático Global.

Contacto: (changmanyu@gmail.com).

**Ángel de la Vega Navarro.** Es en la actualidad profesor en el Posgrado de Economía y en el Posgrado de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es doctor en economía por la Universidad de Grenoble (Instituto de Economía y Política Energética –IEPE), Francia. Participó como *Lead Author* en la elaboración del Quinto Informe del IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*), Grupo

de trabajo III (mitigación), en particular, en el capítulo “Energy systems”. Sus líneas de investigación comprenden temas energéticos y ambientales, en relación con las problemáticas del desarrollo, el cambio institucional y la transformación de los sistemas energéticos en la actual economía internacional.  
 Contacto: (adelaveg@unam.mx).

**Rafael D’Almeida Martins.** Es licenciado en administración pública, por la Escuela de Administración de Empresas de São Paulo (EAESP) de la Fundación Getulio Vargas (FGV), maestro en economía social y desarrollo local, por la Universidad de São Paulo (USP) y doctor en ambiente y sociedad, por la Universidad de Campinas (UNICAMP). Es consultor e investigador en los temas de adaptación al cambio climático, desarrollo comunitario y social, gobernabilidad local y seguridad alimentaria, coordinando proyectos de investigación–acción y programas de cooperación al desarrollo junto a organizaciones no gubernamentales, gobiernos y organismos internacionales en América Latina y África.  
 Contacto: (rdamartins@gmail.com).

**Gian Carlo Delgado Ramos.** Economista egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con estudios de maestría en economía ecológica y gestión ambiental, y de doctorado en ciencias ambientales, ambos por la Universidad Autónoma de Barcelona. Es investigador titular “B”, definitivo, del programa “Ciudad, gestión, territorio y ambiente” del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt. Recibió el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 2011 y el Premio de Investigación de la Academia Mexicana de Ciencias 2014, ambos en el área de investigación en ciencias sociales. Fue autor líder del capítulo 12, Grupo 3, del Quinto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Ha publicado dos docenas de libros de autoría, coautoría y coordinados, así como más de un centenar de artículos científicos y de divulgación.  
 Contacto: (giandelgado@unam.mx).

**Gabriel Díaz Padilla.** Tiene un doctorado en el Departamento Ciencias del Agua y Medio Ambiente del Instituto Tecnológico de Sonora. Es investigador titular de tiempo completo, asignado en el programa de Modelación y Agrometeorología en el Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sus principales líneas de investigación son: Sistemas de Información Geográfica apli-

cados al potencial productivo de especies vegetales en México, análisis del clima, su variación y predicción, manejo integrado de cuencas, modelos de simulación e interpolación de variables climáticas, así como el cambio climático y su impacto en la agricultura. Sus publicaciones en los últimos cinco años son: dos libros, siete capítulos de libro y 22 artículos de investigación. Es responsable de proyectos de investigación a nivel nacional e Investigador Nacional Nivel I en el Sistema Nacional de Investigadores.

Contacto: (Diaz.gabriel@inifap.gob.mx).

**Juan Manuel Espíndola Castro.** Investigador titular C del Instituto de Geofísica de la UNAM. Realizó sus estudios de licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la UNAM y sus estudios de posgrado en Purdue University, donde obtuvo la maestría y el doctorado. Se ha dedicado al estudio de los procesos físicos que intervienen en las erupciones volcánicas y otros fenómenos geológicos y ha realizado trabajos sobre sismicidad volcánica, depósitos volcánicos y mecanismos de formación de columnas eruptivas. Por otra parte, también ha dedicado parte de su tiempo al análisis de otros datos geofísicos de relevancia para el estudio del territorio nacional. Su perfil de físico con una amplia formación geológica le ha permitido contribuir satisfactoriamente en esa región de las ciencias de la Tierra en que son necesarias ambas disciplinas. El Dr. Espíndola fue coordinador del Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM y de la licenciatura en ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de la UNAM. El Dr. Espíndola es investigador nacional nivel III dentro del SNI, y la Unión geofísica Mexicana le otorgó la medalla Manuel Maldonado Koerdell por sus aportaciones científicas en las geociencias, esta asociación agrupa a la mayoría de los geocientíficos del país. Es, además, miembro de la American Geophysical Union, de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Unión Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI). Contacto: (jmec@unam.mx).

**Gerardo Esquivel Arriaga.** Originario de Amanalco, Estado de México. Egresó de ingeniero agrónomo en sistemas agrícolas de zonas áridas (2003-2008) y de Maestro en ciencias en recursos naturales y medio ambiente en zonas áridas (2009-2010) por la Universidad Autónoma Chapingo en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Las líneas de estudio tanto en licenciatura como en la maestría fueron el análisis de vulnerabilidad de los cultivos bajo la modalidad hídrica de temporal asociado con el cambio en los patrones del clima. Participó en la elaboración de Programas de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) del estado

de Durango y fungió como responsable del Departamento de Cambio Climático de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango (2012). Actualmente, se desempeña como investigador en el INIFAP CENID-RASPA en el programa Manejo Integral de Cuencas, en el cual ha sido colaborador en proyectos nacionales y con diversas instituciones y universidades. Cuenta con diversos artículos científicos y capítulos de libros como autor y coautor, nacionales y extranjeros. La línea de investigación actual versa sobre la modelación climática y de procesos hidrológicos.

**Jaime Garatuza-Payan.** Dirección de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), México. El Dr. Jaime Garatuza Payan obtuvo el grado de ingeniero agrónomo en irrigación de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en 1983, el de maestro en ingeniería en administración de recursos hidráulicos, por el Instituto Tecnológico de Sonora, en 1990, y el de doctor en hidrología, por la Universidad de Arizona, EUA, en 1999. Ha sido becario Fullbright-García Robles; del Departamento de Hidrología de la Universidad de Arizona; de la Asociación de Universidades para la Investigación Espacial (USRA: Universities Space Research Association); del Centro Nacional para Investigación Atmosférica (NCAR: National Center for Atmospheric Research); de la NASA, la ONU y el Conacyt.

Ingresó al Instituto Tecnológico de Sonora como profesor investigador de tiempo completo en 1990, donde actualmente es investigador titular C. Fue jefe del Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente, responsable del Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, responsable de la maestría en administración de recursos hidráulicos, líder del Cuerpo Académico en Ciencias del Agua y, actualmente, es director del área de Recursos Naturales, desde el 2012. Ha impartido clases ininterrumpidamente desde 1988, tanto en licenciatura como en posgrado, principalmente en las asignaturas de sistemas de información geográfica, percepción remota, modelación de hidrosistemas, matemáticas, estadística, hidrología, educación ecológica, cartografía y SIG, modelación ambiental, y sensores remotos en recursos naturales.

Ha sido, desde 1991, miembro del Sistema Nacional de Investigadores y desde 2005 miembro regular de la Academia Mexicana de las Ciencias y de la Red Mexicana del Agua, es también miembro del Comité Científico del Programa Mexicano del Carbono y ha sido miembro del Comité Técnico-Científico de la Red del Agua del Conacyt. Ha sido galardonado como profesor-investigador distinguido en el Instituto Tecnológico de Sonora en 1992, 1999-2002 y 2006-2012. Recibió el Group Honor Award for Excellence del Departamento de Agricultura de los Estados Uni-



dos (USDA) en 2001 y la Beca Fulbright-García Robles para estancia sabática en la Arizona State University en 2010.

Tiene gran experiencia en la dirección de proyectos de investigación así como en relaciones académicas. Sus líneas e intereses de investigación incluyen básicamente las relacionadas con la hidrometeorología y la hidroecología así como en el uso de técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, para ayudar a evaluar y manejar los recursos hídricos. En este tema, sus contribuciones son pioneras en América Latina.

Ha participado en 35 proyectos (con la participación de alumnos) con financiamiento externo de instituciones nacionales e internacionales. Ha sido consultor regular de diversos organismos internacionales y árbitro de diversas revistas internacionales, sistemas de investigación y premios así como parte del comité editorial de revistas. Es autor o coautor de más de 80 publicaciones. Ha presentado 5 conferencias invitadas y más de 130 ponencias en congresos (como autor o coautor). Bajo su dirección se han concluido 5 tesis de licenciatura, 25 de maestría y 4 de doctorado.

Contacto: (garatuza@itson.edu.mx)

**Jorgelina Hardoy.** Es licenciada en geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires y tiene un MA de Rutgers, the State University of New Jersey. Es investigadora senior en el IIED-América Latina, coordinando proyectos de investigación-acción enfocados en desarrollar alianzas multiactorales con población vulnerable y gobiernos locales en temas de hábitat urbano, gestión del riesgo de desastres, cambio climático y resiliencia urbana.

Contacto: (jhardoy@iied-al.org.ar).

**Antonina Ivanova Boncheva.** Es profesora investigadora del Departamento de Economía y coordinadora del Centro de Estudios APEC, de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Miembro del SNI, nivel II. Representa a México en el Buró del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), vicepresidenta del Grupo de Trabajo 3: "Mitigación del Cambio Climático", para el periodo 2008-2015.

Doctora en economía por la UNAM, con posdoctorado en Estudios de La Paz realizados en la Universidad de Bradford, Inglaterra. Licenciada en relaciones económicas internacionales y maestra en periodismo económico por la Universidad de Economía Internacional, Bulgaria y el Instituto en Integración Europea, Bélgica.

Realiza investigación sobre cooperación internacional, cambio climático y desarrollo sustentable. Autora o editora de 23 libros y más de 130 artículos en revistas como: *Journal of Social Science*, *Global Economy*, *Energy Efficiency Journal* y *el Asia-Pacific Business*.

Autora-líder en el Cuarto Informe Evaluativo del IPCC (Premio Nobel de La Paz 2007). Editora del Informe Especial sobre Energías Renovables, SREN- IPCC (2011) y del Quinto Informe Evaluativo del Grupo de Trabajo 3 del IPCC (2014). Contacto: (aivanova@uabcs.mx).

**Kerstin Krellenberg.** Es licenciado en ciencias de medioambiente, y recibió el título de doctor en geografía de la Humboldt Universität zu Berlin en Alemania. Es investigadora senior en la UFZ, coordinando y trabajando en proyectos de investigación en megaciudades de América Latina y Estambul. Sus proyectos están enfocados en desarrollar respuestas al cambio climático a base de análisis de riesgo y vulnerabilidad urbana y procesos participativos con varios actores urbanos. Contacto: (kerstin.krellenberg@ufz.de).

**Blanca Emma Mendoza Ortega.** Investigadora titular C del Instituto de Geofísica de la UNAM. Obtuvo la licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la UNAM y la maestría y doctorado en la Universidad de Oxford en Inglaterra. Ha desarrollado tres áreas de investigación: física solar, relaciones Sol-Tierra y planetología. Su trabajo ha sido pionero en el estudio del impacto de la actividad solar en el clima y en la biota. Como un reconocimiento explícito a esta labor ha presentado conferencias magistrales en congresos internacionales y artículos de revisión en prestigias revistas internacionales del área; en particular, fue autora líder del Quinto Reporte de Evaluación del IPCC, dentro del Grupo 1, siendo ella la única mexicana participante en este Grupo. Fue coordinadora del Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM y secretaria de investigación de la Unión Geofísica Mexicana (2011-2013), asociación que agrupa a la mayoría de los geocientíficos del país. Es investigadora nacional nivel III dentro del SNI y recibió el Reconocimiento *Sor Juana Inés de la Cruz* por excelencia académica, otorgado por la UNAM. Actualmente, es editora asociada y editora huésped, respectivamente, de las prestigias revistas *Geofísica Internacional* y *Advances in Space Research*, pertenecientes al índice de citas; coordinadora del la Red Universitaria del Espacio de la UNAM, y representante del Rector de la UNAM en la Junta de Gobierno de la Agencia Espacial Mexicana. En el nivel internacional, fue la presidenta (2011-2013) de la Asociación Latinoamericana de Geofísica Espacial (ALAGE), la cual agrupa a todos los investigadores que

trabajan en Latinoamérica en el área de las ciencias espaciales.  
Contacto: (blanca@geofisica.unam.mx).

**Ana Rosa Moreno Sánchez.** Bióloga egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Maestría en ciencias en ecología humana de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Texas, EUA. Desarrollo profesional en salud ambiental en el sector oficial, sector académico y en organismos internacionales. Autora de diversas publicaciones nacionales e internacionales en diversos temas de salud ambiental. Asesora de comunicación de riesgos para la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) de Naciones Unidas, para el sector gubernamental y sector privado, como PETROBRAS e industrias químicas. Docente nacional e internacional en salud ambiental, comunicación de riesgos, y en cambio climático y salud. Es consultora de la Organización Mundial de la Salud en salud ambiental, cambio climático y comunicación de riesgos. Autora de diversas publicaciones en comunicación de riesgos y docente nacional e internacional de talleres en este tema. Fue gerente de proyectos en salud ambiental patrocinados por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA y por la GTZ de Alemania. Coordinó el desarrollo de un *clearinghouse* sobre información ambiental para México y Centroamérica. Coordinó el programa de salud ambiental de la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. Es miembro del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas desde 1995, organización que compartió con el Sr. Al Gore el galardón de Premio Nobel de la Paz 2007, participando en el Segundo, Tercer, Cuarto y Quinto Informe de Evaluación. Es coautora del capítulo *Challenges and opportunities* del Reporte Estado Mundial del Medio Ambiente, GEO-4 Global, del Reporte GEO-4 América Latina y el Caribe, y del Reporte GEO-Salud del Programa de Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA); miembro del grupo de *outreach* del GEO-4, y autora de los capítulos *Drivers* y *Latin America* del Informe “Perspectivas del medio ambiente mundial” (GEO-5, PNUMA). Miembro de la Sociedad Mexicana de Salud Pública y de la Asociación Internacional de Ecología y Salud (ECO-Health). Exsecretaria del Colegio de Biólogos. Miembro de *Who's Who* Internacional. Es conferencista nacional e internacional de temas ambientales y de salud. Actualmente, es profesora de carrera del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la UNAM.  
Contacto: (morenoar@liceaga.facmed.unam.mx).

**Mariela Nuñez Lares.** Originaria de Villa Ocampo, Durango. Estudió ingeniería en sistemas pecuarios de zonas áridas en la Unidad Regional Universitaria de Zonas

áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (1999-2000/2005). Obtiene el grado de maestra en ciencias en recursos naturales y medio ambiente en zonas áridas en junio de 2015 (generación 2013-2014). Ha trabajado como asistente de investigación en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2008-2011). Además, realizó trabajos en el área administrativa en TYSON de México en el área de Breeder Laguna (2005-2007).

**Úrsula Oswald Spring.** Es profesora investigadora titular "C" en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM y SNI III. Estudió medicina en la Universidad de Antanarive, Madagascar y París; psicología, filosofía, lenguas, computación, antropología y ecología en Zúrich, así como conciliación de conflictos en Suecia y Copenhague. Tiene licenciatura en filosofía, psicología y antropología, así como una maestría en psicología y antropología de la Universidad de Zúrich, donde obtuvo también el doctorado en antropología social con especialidad en ecología, en 1977. Ganó la primera Cátedra sobre Vulnerabilidad Social de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU-EHS) en 2005. Fue fundadora del Consejo Latinoamericano de Investigación de La Paz y del Colegio de Tlaxcala. Ha publicado 50 libros como autora o en colaboración con otros investigadores, 368 artículos científicos y capítulos de libros en temas de desarrollo, cambio climático, cambio ambiental global, manejo de riesgos por desastres, manejo integral de cuencas, hidrodiplomacia, seguridad humana-de género-y-ambiental, conciliación de conflictos, seguridad energética y geopolítica, energía renovable, género y cultura campesina, que fueron publicados en 17 lenguas. Ha colaborado durante las últimas 4 décadas con movimientos urbanos, campesinos, de mujeres, ecólogos y de derechos humanos. Es miembro del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) Grupo 2 y del World Social Science Report. Ha recibido en 2005 el Premio Sor Juana Inés de la Cruz; en 1990 el Premio Internacional de la Cuarta Década de Desarrollo de las Naciones Unidas; en 1991 el de la Mujer Académica de la UNAM; fue Women of the Year 2000 y recibió el Premio al Mérito Ecológico en Tlaxcala, 2005-2006. Contacto: (uoswald@gmail.com).

**Ramón Pichs Madruga.** Es licenciado en economía del comercio exterior por la Universidad de La Habana (1985); maestro en ciencias sociales por la Universidad de Lund, Suecia (1991) y doctor en ciencias económicas, por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (1998).

Investigador del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM) (desde 1986). Subdirector general e investigador titular del CIEM (1999-2013). Director del CIEM desde 2013. Miembro Titular de la Academia de Ciencias de Cuba para el ejercicio 2012-2018, electo en 2012.

Miembro del Buró del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático desde 1997. Desde 2008 es copresidente del Grupo de Trabajo III (mitigación del CC) en el IPCC. Miembro del Comité Científico Asesor del Instituto Interamericano para la investigación sobre los cambios globales (IAI) (2007-2013).

Miembro del equipo de autores principales del Informe GEO-PNUMA “Perspectivas Ambientales” (2000-2010). Autor principal coordinador de un capítulo en *Informe de Evaluación de la Plataforma Intergubernamental sobre Ciencia y Política acerca de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos* (IPBES, por sus siglas en inglés), Naciones Unidas. Tema: Escenarios, desde 2014. Miembro del equipo de autores de guía metodológica de IPBES sobre la conceptualización de los valores de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, Naciones Unidas, desde 2014.

Libros: *Petróleo en el mundo actual. Retos energéticos para América Latina y Cuba* (publicado por el CIEM, La Habana, 1993); *Desarrollo sostenible: un reto global. Agenda verde del Caribe insular*. Premio del Concurso “Pinos Nuevos” (La Habana: Editorial Ciencias Sociales, 1994); *Economía mundial, energía y medio ambiente* (La Habana: Editorial Ciencias Sociales, 2004); *Cambio climático, globalización y subdesarrollo* (La Habana: Editorial Científico-Técnica, 2008); *Cambio climático: enfoques desde el Sur* (Publicado por Ruth Casa Editorial y Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 2011. Coordinador y coautor); *Recursos naturales, economía mundial y crisis ambiental* (publicado por Ruth Casa Editorial y Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2012).

Coordinador/Director de la *Revista del CIEM. Temas de Economía Mundial* (desde 2002). Certificada como publicación científico-técnica por el CITMA, Cuba. Publicación electrónica semestral, ISSN: 1997-4183 ([www.ciem.cu](http://www.ciem.cu)). Coordinador/Director del “Informe sobre la evolución de la economía mundial”, CIEM (desde 2006). Publicación electrónica anual, ISSN: 2227-8605 ([www.ciem.cu](http://www.ciem.cu)). Miembro del Comité Asesor de la Editorial de Ciencias Sociales (desde 2000). Miembro del Comité Asesor de la *Revista Economía y Desarrollo*, Facultad de Economía, Universidad de la Habana (desde 2013).

Profesor titular adjunto de la Facultad de Economía de la Universidad de la Habana, desde 2004. Profesor invitado en universidades de Cuba, España, México y China.

Reconocimientos: Orden “Carlos J. Finlay”, otorgada por el Consejo de Estado de la República de Cuba, a propuesta del Ministerio de Ciencia, Tecnología y

Medio Ambiente (CITMA) (2010). Reconocimiento del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC), por su contribución a que esta institución obtuviera el Premio Nobel de la Paz en 2007. Coordinador de tres investigaciones del CIEM que obtuvieron premios nacionales de la Academia de Ciencias de Cuba (1992, 1998, 2000). Coautor de otras dos investigaciones que también obtuvieron este Premio (1990 y 2011). Medalla al Mérito Académico “Alfonso Caso”, otorgada por la UNAM, México (2004).

**Agustín Robles Morua.** Es profesor investigador titular del Departamento de Ciencias de Agua y Medio Ambiente, del Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón, México desde el 2013 a la actualidad.

Realizó su licenciatura en ingeniería industrial y de sistemas en la Universidad de Sonora, Hermosillo, México (1995-1998); su maestría en ciencias en políticas ambientales y su doctorado en ingeniería ambiental ambos en la Michigan Technological University, Houghton, EUA, en los periodos 2003-2005 y 2005-2010, respectivamente.

Fue investigador posdoctoral en la School of Earth and Space Exploration, Arizona State University, Tempe, EUA, de 2010 a 2013.

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2012, así como del Consejo Técnico Asesor de los Consejos de Cuenca de los Ríos Yaqui y Mayo en el Noroeste de México. Líder del grupo especializado en la modelación de los impactos del cambio climático en humedales continentales y cuencas semiáridas vulnerables.

**Patricia Romero-Lankao.** Urban Futures (RAL); National Center for Atmospheric Research. Es socióloga interdisciplinaria. Realizó estudios de licenciatura y maestría en sociología en la UNAM; tiene un doctorado en estudios regionales y gestión pública por la UAM, y otro doctorado en ciencias de la agricultura y política ambiental por la University of Bonn, Alemania. Fue profesora en la Universidad Autónoma Metropolitana plantel Xochimilco. Trabaja en NCAR desde 2006 donde dirige el programa Urban Futures <<http://www.ral.ucar.edu/urban-futures>> que explora (a) los vínculos entre desarrollo urbano, riesgo e impactos; (b) los factores sociales, económicos y políticos determinantes de la vulnerabilidad y las capacidades de gestión del cambio ambiental, y (c) los factores institucionales que inciden en la efectividad de las políticas de mitigación y adaptación. Participa en esfuerzos globales y locales promovidos por el IPCC, el PNUD y la ONU-Hábitat. Fue coautora

principal del reporte del IPCC ganador del Premio Nobel de la Paz. Oriunda de México, se considera ciudadana del mundo.

Contacto: (prlankao@ucar.edu).

**Ignacio Sánchez Cohen.** Originario de Cd. Obregón Sonora. Estudió la licenciatura en ingeniería agronómica con especialidad en irrigación por la Universidad de Sonora (1977- 1981). Obtiene el grado de maestro en ciencias en la especialidad de planificación y aprovechamiento de los recursos agua y suelo por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (1984-1986). Obtiene el grado de doctor en ciencias por la Universidad de Arizona en la especialidad de aspectos físicos de zonas áridas (1990-1994). Ha sido líder de proyectos internacionales (USDA-ARS, IRD-ORSTOM) y de proyectos nacionales y en colaboración con diversas instituciones. Ha fungido como líder de programas y redes de investigación (Red Agua-Conacyt, Programa Nacional de Investigación en Manejo Integral de Cuencas-INIFAP). Ha sido director del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua, Suelo, Planta, Atmósfera del INIFAP (1997-2005). Cuenta con diversos artículos científicos y es miembro de Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Actualmente, se desempeña como investigador en el INIFAP CENID RASPA y los tópicos de investigación son: modelación de procesos hidrológicos y de clima, y manejo integral del agua.

*México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad*, de Xóchitl Cruz Núñez, Gian Carlo Delgado Ramos y Úrsula Oswald Spring (coordinadores), se terminó de imprimir en septiembre de 2015, en los talleres de Creativa Impresores, S.A. de C.V., calle 12 número 101 local 1, Colonia José López Portillo, Del. Iztapalapa, C.P. 09920, México, D.F. En la composición se utilizaron tipos AGaramond, CenturySchoolbook, Helvetica, Minion, Palatino y RotisSemi Sans. La formación estuvo a cargo de Luis Alejandro Romero Reyes. El tiro fue de 500 ejemplares más sobrantes para reposición sobre papel Bond de 90 gramos.



*México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad* ha sido escrito por autores y revisores mexicanos que han participado en la Quinta Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y por algunos de sus colegas mexicanos. Los autores, de diversas instituciones del país, explican desde una perspectiva multi e interdisciplinaria el funcionamiento del IPCC y reflexionan acerca de sus reportes científicos en los que se revisaron las bases físicas, los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad, así como la mitigación ante el cambio climático. La obra también analiza, con información y datos de frontera, el impacto del cambio climático en México y sus riesgos, relacionados con sus muy diversas condiciones territoriales, poblacionales y productivas, sus extensas costas, sus características biofísicas y, sobre todo, sus grandes asentamientos urbanos.

Se trata de un libro útil para el público en general, la academia y funcionarios públicos y otros especialistas, que se enfrentan a contextos donde usualmente persiste la carencia o la falta de operatividad de un ordenamiento sustentable territorial, ambiental y urbano integral, lo que aumenta los peligros por eventos extremos, al tiempo que desaprovecha tanto el potencial de mitigación existente, como las posibles sinergias positivas entre las medidas de adaptación y mitigación. Así, ante el hecho de eventos más extremos, los autores de la presente obra proponen, desde diversos enfoques y lenguajes, cambios en la gestión ambiental y climática, en los sistemas productivos, los asentamientos humanos, el uso de energía, entre otras medidas de adaptación y mitigación que realmente sean capaces de reducir las vulnerabilidades del país al tiempo que promuevan la genuina participación ciudadana, la cooperación y las negociaciones internacionales, con el propósito de avanzar hacia un desarrollo socialmente más justo, resiliente y bajo en emisiones de gases de efecto invernadero.



Dr. Francisco  
López Cámara