

Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos

Fabiola S. Sosa-Rodríguez

El cambio climático (CC) tendrá graves repercusiones en México, pues se proyecta que la temperatura media anual podría aumentar entre 0.5 y 4.8° C en el periodo 2020-2100, mientras que la precipitación podría reducirse en hasta 15% en el invierno y 5% en el verano. Esto favorecerá la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que tendrán severos impactos en la salud, sistemas de distribución de agua y drenaje, agricultura, así como en la infraestructura carretera, para la generación de energía eléctrica y para la extracción y procesamiento de hidrocarburos. Algunas especies podrían extinguirse si las variaciones en la temperatura superan su capacidad de adaptación, y los bosques estarán más expuestos a incendios forestales y a la pérdida de servicios ambientales. Esta investigación identifica los impactos del CC en México, analiza la vulnerabilidad del país, sus regiones y sectores ante las variaciones proyectadas en la temperatura y precipitación y, finalmente, evalúa los avances, obstáculos y retos de las políticas de CC para la creación y fortalecimiento de las capacidades de mitigación y adaptación. Asimismo, representa un esfuerzo para guiar las decisiones de política en esta materia, así como las acciones de mitigación y adaptación en otros países.

Palabras clave: política de cambio climático, mitigación, adaptación, México, intensidad energética, intensidad de emisiones de GEI.

Recibido: 18 de febrero de 2014

Aceptado: 19 de enero de 2015

Nota: esta investigación se realizó con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), proyecto 221460, CB-2013-01, la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) y START.

Climate change (CC) will seriously affect Mexico. Average annual temperature could rise between 0.5 and 4.8 °C from 2020 to 2100. Annual precipitation is also likely to reduce up to 15% during the winter and 5% in the summer. This event can increase the occurrence and intensity of hydrometeorological events, which are likely to have severe impacts on people's health; water and sewer distribution systems, agriculture, and road and energy-generation infrastructure. Some species may become extinct if changes in temperature variations exceed its capacity to adapt. Forest will be more exposed to fires, which can accelerate environmental services loss. This research identifies the impacts of CC in Mexico and its different sectors. It also analyzes the vulnerability of its regions and sectors to temperature and precipitation changes. Finally, it assesses advances and obstacles faced by mitigation and adaptation actions. This article represents an effort to support decision makers for implementing successful climate change policies in other developing nations.

Key words: climate change policies, mitigation, adaptation, Mexico, energy intensity, GEI emission intensity.



Huesos/Saul Landell/Getty Images

Introducción

En la actualidad, uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad es el cambio climático (CC), el cual se relaciona con el calentamiento del planeta por la elevada concentración atmosférica de dióxido y óxido de carbono (CO_2 y CO), metano (CH_4) y óxido nitroso (NO) —conocidos como gases de efecto invernadero (GEI)— por el uso de combustibles fósiles para las actividades humanas, los cambios en el uso de suelo y la deforestación.

El calentamiento antropogénico ha modificado el clima, como lo evidencian los aumentos observados en las temperaturas oceánica y terrestre, las variaciones en la precipitación, los cambios en los patrones de viento y la mayor ocurrencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos —e.g., sequías, olas de calor y ciclones tropicales (IPCC,

2007a)—; si la concentración de los GEI en la atmósfera no se estabilizara, la temperatura media global podría aumentar en un rango de 1.1 a 6.4° C para el 2050 causando serios impactos en los sistemas humanos y naturales que no sólo serán irreversibles, sino también catastróficos. Se proyecta que, aunque la concentración de los GEI se estabilicen, la temperatura global seguirá aumentando en hasta 0.9° C para el 2100 (IPCC, 2007a); por lo tanto, algunos de los efectos del CC serán inevitables a pesar de los esfuerzos globales de mitigación, aunque algunas de estas consecuencias negativas podrían reducirse si se fortalecen las capacidades de adaptación.

Los impactos del CC afectarán varios sectores, grupos y ecosistemas en diferentes escalas temporales y espaciales; por ende, las estrategias de adaptación implementadas deben orientarse a reducir la vulnerabilidad de los sistemas socio-am-

bientales ante las amenazas climáticas actuales y futuras. Al mismo tiempo, las estrategias, que formarán parte de la política de adaptación tienen que ser flexibles e incluir medidas: 1) orientadas a la construcción y mejora de infraestructura (e.g., para la prevención de inundaciones), 2) que promuevan el desarrollo de tecnologías limpias (e.g., dispositivos ahorradores en el consumo de energía), 3) dirigidas para cambiar el comportamiento de la sociedad (e.g., modificar los patrones de consumo de agua y energía) y 4) enfocadas para el desarrollo y mejora de instrumentos económicos (e.g., impuestos para reducir la generación de emisiones) (Sosa-Rodríguez, 2012).

Los países en desarrollo, probablemente, serán los más expuestos a los efectos del CC, pues con regularidad son los menos capaces para enfrentar los impactos de este fenómeno, ya que presentan restricciones financieras y tecnológicas que limitan sus capacidades para crear tecnología o construir grandes obras de infraestructura (Adger *et al.*, 2003; Agrawala y Fankhauser, 2008; Smit *et al.*, 2001). En este sentido, la efectividad de la política de mitigación y adaptación depende de la capacidad de integración de las estrategias enfocadas al combate del CC con los esfuerzos sectoriales dirigidos a la reducción de la vulnerabilidad.

México se unió a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992, comprometiéndose a trabajar, junto con otros países, para estabilizar los GEI. Sin embargo, durante la década de los 90 del siglo pasado, la mitigación y adaptación (M&A) no fueron prioridad de la agenda de gobierno. Fue hasta principios del siglo XXI cuando el Gobierno Federal definió como uno de sus objetivos más importantes la reducción de emisiones de GEI en 50.7 MtCO₂e para el 2050. Para cumplirlo, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 se definió por primera vez como prioridad el combate a este fenómeno. El PND establece los objetivos, estrategias y prioridades que deben cumplir las secretarías (e.g., transporte, salud, energía y medio ambiente, entre otras) por medio de sus programas sectoriales. Este plan apoyó la creación del Programa Especial

de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, cuyo objetivo es guiar la mitigación y la adaptación a niveles sectorial y regional. La integración del PECC con otros programas regionales y locales puede apoyar el éxito de la política de CC en México.

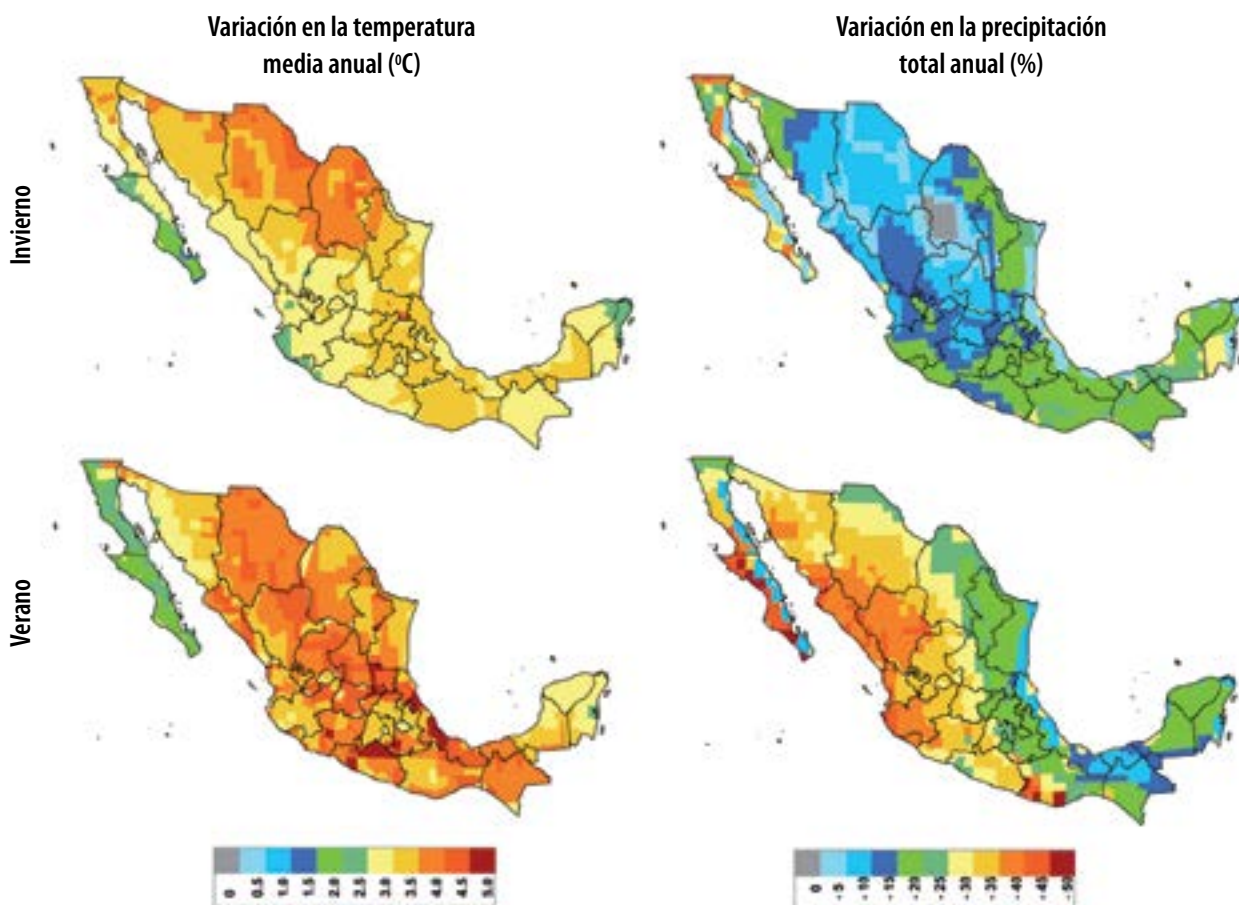
Aunque se proyecta que este fenómeno impactará a todas las regiones del país, el PECC ha identificado a la Ciudad de México como la entidad que se verá principalmente afectada por las variaciones proyectadas en la temperatura y precipitación dada su mayor concentración demográfica y urbana, así como por sus problemas ambientales y urbanos preexistentes (Sosa-Rodríguez, 2013). Cabe mencionar que este asentamiento humano ha estado expuesto a los riesgos climáticos desde la época precolombina, siendo destruido varias veces por inundaciones catastróficas o largas sequías (Sosa-Rodríguez, 2010a).

Hasta el momento, la política de CC en México, sus avances, limitaciones y retos no han sido analizados con profundidad, motivo por el cual esta investigación contribuye al estudio de la compleja interacción que existe entre las respuestas gubernamentales para combatir el CC y su efectividad para fortalecer las capacidades de mitigación y adaptación. En primer lugar se examinan los impactos potenciales del CC en los diferentes sectores y regiones del país, considerando las características que los hacen vulnerables a dichas variaciones climáticas. En segundo término se analizan las medidas implementadas por el Gobierno Federal para reducir las emisiones de GEI y promover la adaptación en los principales sectores económicos. En un tercer momento se evalúan los avances y contradicciones de estas acciones, reflexionando sobre los obstáculos y retos que enfrenta la política de CC para crear y fortalecer las capacidades de mitigación y adaptación en México.

Impactos del CC en el país

México se considera una de las naciones más vulnerables a los efectos del CC, ya que 15% del territorio nacional, 68.2% de su población y 71% del

Anomalías en la temperatura media y precipitación total, 2020-2100



Fuente: elaborado con base en las proyecciones del CRU Ensemble SRES-A2, ajustadas a la escala regional por SDSM.

producto interno bruto (PIB) están propensos a sufrir las consecuencias negativas de este fenómeno (BM, 2010). En esta sección se identifican los impactos que el país podría experimentar por el CC, así como la vulnerabilidad de algunos sectores y regiones para hacerle frente.

Con base en los resultados del *Ensamble de 23 modelos climáticos globales* (MCG) realizado por la Unidad de Investigación Climática (*Climate Reserach Unit*) para los escenarios SRES-A2 (asociado a una economía intensiva en el consumo de combustibles fósiles) y ajustado a la escala regional de México —por medio de *Statistical Downscaling Model* (SDSM)—, se proyecta que la temperatura media anual en el país aumentará entre 0.5 y 4.8° C en el periodo 2020-2100 (ver mapa). La precipitación podría reducirse en hasta 15% durante el

invierno y 5% en el verano, mientras que la temporada de lluvias podría retrasarse hasta el otoño (ver mapa). La temperatura de la superficie del Mar Caribe, Golfo de México y Pacífico mexicano también podría aumentar entre 1 y 1.5° C, situación que favorecería la ocurrencia de ciclones tropicales y huracanes, así como la pérdida de biodiversidad marina (Montero Martínez *et al.*, 2010). Asimismo, se proyecta que los eventos hidrometeorológicos extremos (en particular lluvias torrenciales, ciclones tropicales y huracanes) podrían incrementarse, al igual que la ocurrencia de inundaciones y riesgos a la salud por daños a los sistemas de distribución de agua y drenaje, repuntando las enfermedades de origen hídrico (Bates *et al.*, 2007). Estos fenómenos también podrían afectar a la infraestructura para el transporte, la generación de electricidad y la extracción y procesamiento del petróleo; en parti-

cular, la infraestructura que se ubica en zonas costeras estaría propensa a riesgos por el incremento proyectado en el nivel del mar (IPCC, 2007b), que se estima en hasta 5 metros (Weiss y Overpeck, 2012).

Los ecosistemas naturales pueden estar en peligro por el CC y algunas especies podrían extinguirse si las temperaturas regionales y locales aumentaran en un ritmo que supere su capacidad de adaptación. Asimismo, los bosques estarán más expuestos a incendios forestales ante el incremento de la temperatura y los cambios en el ciclo hidrológico, presentándose una pérdida acelerada de los servicios ambientales proporcionados por estos ecosistemas (problema agravado por la urbanización y el crecimiento de los asentamientos irregulares). La agricultura también será muy afectada por este fenómeno, el cual podría destruir grandes áreas de cultivo, en particular aquellas que son de temporal, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria del país. Desafortunadamente, las prácticas de riego en diversas regiones siguen siendo poco eficientes, ya que se basan en el riego por gravedad en vez de utilizar técnicas menos intensivas en el consumo de agua.

Los impactos del CC se distribuirán de manera desigual en el país debido a sus diferentes climas, recursos naturales, infraestructura instalada, desarrollo económico y concentración demográfica. Con base en las proyecciones de los modelos GFDL-R30 y CCCM (generado por el Centro para el Análisis y Modelado Climático en Canadá), la temperatura máxima en la región norte podría aumentar en hasta 6° C provocando sequías más frecuentes y severas y olas de calor (Hernández Cerda y Valdez Madero, 2004). Estos eventos afectarán la generación de energía hidroeléctrica y, con ello, a numerosas actividades industriales, además de incrementar las demandas de energía y agua, poniendo en riesgo la salud de los grupos más vulnerables por golpes de calor. Sequías más prolongadas favorecerían la destrucción de cultivos y pondrían en peligro los ingresos de los agricultores. Lamentablemente, las prácticas agrícolas actuales no tienen las capacidades de adaptación para ha-

cer frente a los impactos del CC por la falta de infraestructura e información climática, así como por el limitado apoyo financiero para impulsar diversas medidas de adaptación (e.g., cultivos resistentes a variaciones climáticas).

En la región central, el CC podría aumentar la vulnerabilidad preexistente asociada a las demandas no satisfechas de agua, energía y alimentos atribuidas a la elevada concentración demográfica y de actividades económicas, a la deforestación y a la mayor dependencia de fuentes de agua cada vez más distantes (Delgado, 2012; Sosa-Rodríguez, 2010b). Al igual que en el norte del país, se prevé la ocurrencia de sequías que afectarán esta región, ya que el incremento de la temperatura ha provocado reducciones en la producción de maíz de temporal, cultivo que se ha sustituido por el sorgo porque requiere de una menor cantidad de agua y puede ser utilizado para alimentar al ganado (SEMARNAT-INE, 2009).

Las variaciones climáticas también podrían reducir la disponibilidad natural del vital líquido provocando severas repercusiones en la Ciudad de México por su elevada dependencia a fuentes externas (Sosa-Rodríguez, 2010b). Con base en 67 MCG y tres escenarios de emisiones (SRES A2, A1B y B2), se proyecta que la temperatura media anual en esta región podría aumentar en promedio en hasta 2.8° C, mientras que la precipitación anual disminuiría en 10.4% entre las décadas de los 20 y 70. Cabe destacar que la precipitación decrecería en hasta 50% de acuerdo con las proyecciones de los modelos IPSLCM4-SR-A1B y A2 —elaborados por el *Institut Pierre Simon Laplace* (IPSL), Francia— (Sosa-Rodríguez, 2013). Aunque una disminución de esta magnitud es muy poco probable, si llegara a ocurrir, la seguridad hídrica de esta región se vería amenazada, ya que el área urbana no contaría con la dotación de agua suficiente para atender los requerimientos mínimos de la población ni de las actividades económicas.

En este sentido, los cambios esperados en la temperatura y precipitación en las regiones norte y centro pueden aumentar la escasez de agua

y, como resultado, provocar conflictos entre los usuarios por garantizar su uso. En el sur, aunque se prevé que las precipitaciones no variarán —2 mil mm anuales en promedio— (CONAGUA, 2011), la temperatura puede incrementarse en hasta 2° C; esta situación favorecerá la ocurrencia de brotes de vectores (SEMARNAT-INE, 2009). También, se espera que los eventos hidrometeorológicos extremos ocurran con una mayor intensidad, causando pérdidas económicas importantes para el turismo, la silvicultura, la energía y la agricultura, en especial, en el Mar Caribe, Golfo de México y Pacífico mexicano; es probable, que las costas del país se vean afectadas por un aumento en el nivel del mar estimado entre 1 y 5 metros (Weiss y Overpeck, 2012).

En el país se han puesto en marcha varias acciones para apoyar la M&A desde finales de la década de los 90 del siglo pasado, las cuales incluyen: 1) ajustes jurídicos, institucionales y de planificación; 2) inventarios de emisiones de GEI por fuentes y sumideros; 3) análisis de escenarios climáticos y 4) estudios de vulnerabilidad sectorial y regional.

Por lo pronto, estas acciones se han centrado en la reducción de las emisiones de GEI mediante el uso de avances tecnológicos y la conservación de los bosques; por ende, la reducción de la vulnerabilidad (sectorial, regional y local) ha recibido una menor atención a pesar de la importancia de desarrollar las capacidades adaptativas del país.

En la actualidad, con el reconocimiento que algunos impactos del CC son inevitables (IPCC, 2007b), la adaptación se ha convertido en uno de los principales objetivos a nivel internacional y, por consiguiente, también en México. En la siguiente sección se analizan las acciones de M&A implementadas para hacer frente a este fenómeno, que incluyen las medidas propuestas por el PECC, así como algunas estrategias sectoriales para reducir la vulnerabilidad, las cuales fortalecen la política de CC, aunque no fueron creadas con este fin. La tabla 1 describe los riesgos a los que están expuestos diversos sectores ante variaciones climáticas y destaca algunas de las características que los hacen más vulnerables.

Tabla 1

Impactos y vulnerabilidad ante el CC en México

Continúa

Sector	Impactos	Vulnerabilidad
Agua	Se distribuye de forma desigual espacial y socialmente: la región norte puede experimentar sequías prolongadas, mientras que la región sur podría ser afectada por lluvias torrenciales. La sequía y olas de calor pueden reducir la disponibilidad y calidad del agua. Asimismo, se proyectan más frecuentes e intensos eventos hidrometeorológicos extremos que aumentarán los riesgos de inundaciones y que podrían dañar los sistemas de distribución del vital líquido y drenaje, incrementando la exposición de la población a enfermedades transmitidas por el agua.	El rápido crecimiento demográfico y urbano ha aumentado la demanda de servicios básicos (e.g., suministro de agua y drenaje). En algunas regiones, el volumen asignado excede la disponibilidad natural, por lo que el vital líquido se transfiere desde cuencas lejanas. La falta de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales ha incrementado la contaminación de las fuentes de agua. Los asentamientos irregulares en zonas de recarga han disminuido la infiltración del agua de lluvia, favoreciendo la sobreexplotación de los acuíferos.
Bosques	Pueden favorecer la reducción de GEI al ser sumideros de CO ₂ , pero estos ecosistemas pueden verse afectados por cambios en la temperatura y precipitación, los cuales podrían favorecer la aparición de plagas y la ocurrencia de sequías, las cuales podrían aumentar los incendios forestales.	La urbanización y el desarrollo económico han impulsado la deforestación y degradación de los bosques. La deforestación ha incrementado los incendios forestales y disminuido los servicios ambientales de estos ecosistemas (e.g., el secuestro de carbono), la recarga de acuíferos y la infiltración del agua de lluvia, reduciendo su disponibilidad.

Tabla 1

Impactos y vulnerabilidad ante el CC en México

Continúa

Sector	Impactos	Vulnerabilidad
Agricultura	Cambios en la precipitación pueden aumentar la ocurrencia de sequías e inundaciones y, con ello, destruir cultivos (en especial de temporal), poniendo en riesgo la estabilidad económica de los agricultores y la seguridad alimentaria de México. La degradación del suelo y el agotamiento de las fuentes del vital líquido están afectando la productividad agrícola. Se espera que la demanda de agua con fines agrícolas aumente por el CC; este sector es el principal usuario con un consumo de 77% del volumen total abastecido a nivel nacional (CONAGUA, 2011).	La fuerte migración hacia las ciudades ha provocado que miles de hectáreas de cultivo se encuentren abandonadas. La productividad del suelo se ha reducido por el uso intensivo de plaguicidas y los sistemas de riego ineficientes. Muchas zonas todavía se riegan por gravedad, ya que los costos del agua son bajos y no representan su valor económico real. Asimismo, las prácticas agrícolas no cuentan con infraestructura, apoyo financiero o información climática para hacer frente a los impactos de las variaciones climáticas.
Biodiversidad	Los ecosistemas naturales más frágiles se verán afectados por el CC; algunas especies se extinguirán si se presentan variaciones en las temperaturas y precipitación (regional y local). Otros impactos esperados son la migración de especies hacia regiones con condiciones climáticas parecidas a sus hábitats de origen, la pérdida de capacidad reproductiva de diversas especies y cambios en su morfología para adaptarse. Los ecosistemas más afectados serán los bosques tropicales y los de niebla.	México es un país megadiverso; esta característica lo hace más vulnerable a los impactos que el CC pudiera tener sobre las especies, algunas de las cuales son endémicas. La falta de investigación sobre los efectos que las variaciones climáticas pudieran tener sobre los ecosistemas más frágiles incrementa su vulnerabilidad. Algunas especies podrían extinguirse por el CC, fenómeno que constituye una presión adicional a los efectos negativos provocados por la urbanización y falta de planeación.
Transporte	Este sector es uno de los principales generadores de GEI, y su infraestructura podría verse dañada por una mayor frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales favorecen la ocurrencia de inundaciones y deslizamientos. Se proyecta que la infraestructura (portuaria y carretera) de las zonas costeras será la más afectada por eventos hidrometeorológicos, así como por el aumento esperado en el nivel del mar.	La planificación y operación del sistema de transporte no ha incorporado los impactos del CC, incrementando la vulnerabilidad del sector a inundaciones y deslizamientos. Mayor concentración de población en zonas costeras por el crecimiento del turismo ha aumentado la cantidad de las personas expuestas a desastres. En algunas ciudades, el parque vehicular supera la capacidad de la infraestructura vial, provocando tráfico y mayores emisiones de GEI.
Salud	Las variaciones climáticas favorecerán el brote de enfermedades de origen hídrico y la ocurrencia de olas de calor y frío; estos eventos aumentarán la morbilidad y mortalidad en el país. En el norte, las muertes por altas temperaturas (superiores a 50° C) han aumentado, y continuará por el CC. En el sur, los casos de dengue y malaria se incrementarán por las variaciones climáticas y la ocurrencia más frecuente de eventos hidrometeorológicos.	Las altas temperaturas pueden afectar la salud de las personas, especialmente a los ancianos, niños y pobres, quienes están más expuestos a padecer deshidratación, golpes de calor, así como enfermedades transmitidas por el agua (en particular, las de tipo gastrointestinal). En todas las regiones del país, el número de enfermedades diarreicas agudas podría aumentar.

Tabla 1

Impactos y vulnerabilidad ante el CC en México

Concluye

Sector	Impactos	Vulnerabilidad
Turismo	<p>La temperatura superficial del mar en el Caribe, Golfo de México y Pacífico mexicano podría aumentar en hasta 2° C causando huracanes, olas de calor, tormentas intensas y sequías más frecuentes e intensas; estos eventos afectarán en particular a centros turísticos de playa del país. El aumento en el nivel del mar también podría tener consecuencias negativas para el sector turístico y la población de las zonas costeras. Los impactos del CC en áreas turísticas incluyen: pérdidas de empleo y desplazamiento de gran parte de la población en búsqueda de oportunidades laborales.</p>	<p>Por su ubicación, la infraestructura turística en los centros de playa podría ser dañada por eventos hidrometeorológicos extremos, por ende, el CC podría incrementar la exposición de la infraestructura y la población que reside en estas zonas. Por la pérdida acelerada de manglares en las zonas costeras, los impactos de estos eventos extremos podrían aumentar, afectando a la población y actividades económicas de estas regiones. Como resultado del crecimiento demográfico y urbanización, las personas expuestas a eventos hidrometeorológicos extremos y al aumento en el nivel del mar se han incrementado.</p>
Energía	<p>El crecimiento demográfico y la concentración de las actividades económicas han aumentado tanto la producción como el consumo de energía y, con ello, también las emisiones de GEI y las variaciones en la temperatura y precipitación. En el norte del país, la demanda de energía ha crecido por el mayor uso de los sistemas de aire acondicionado; se proyecta que ésta se incrementará si la temperatura continúa ascendiendo. La ocurrencia de más frecuentes e intensos eventos naturales extremos podría poner en riesgo la infraestructura para la producción de electricidad y petróleo; por ejemplo, temperaturas más altas reduciría la eficiencia en la transmisión de electricidad y la generación de energía hidroeléctrica podría verse afectada por la reducción de los niveles de agua de las presas.</p>	<p>La infraestructura para la generación de energía es insuficiente para satisfacer la creciente demanda de electricidad. Gran parte de esta infraestructura (para la generación de electricidad y extracción y procesamiento del petróleo) está expuesta a ser destruida por fenómenos hidrometeorológicos extremos por su ubicación. Estos eventos podrían aumentar en frecuencia e intensidad por el CC. La infraestructura petrolera podría ser severamente afectada por huracanes: en el Golfo de México hay 215 plataformas de petróleo que tendrían que suspender su funcionamiento por la ocurrencia de estos eventos (SENER, 2008) causando grandes pérdidas económicas. El funcionamiento de las centrales hidroeléctricas también podría ser afectado por fuertes lluvias y sequías.</p>
Socioeconómico	<p>El CC puede afectar la salud de la población y actividades económicas, incrementando la pobreza del país. Sequías y lluvias intensas pueden aumentar la pérdida de cultivos, amenazando la seguridad alimentaria y los ingresos de los agricultores, quienes suelen ser de los grupos más marginados. La disponibilidad y calidad del agua podría reducirse por aumentos en la temperatura y reducciones en la precipitación, favoreciendo la sobreexplotación de los acuíferos y transferencia de agua de fuentes distantes. Una mayor escasez podría provocar conflictos, en particular en zonas con estrés hídrico.</p>	<p>Las poblaciones que viven en asentamientos irregulares están en mayor riesgo a ser dañadas por impactos del CC, ya que suelen localizarse en zonas propensas a ser afectadas por inundaciones, deslizamientos o falta de servicios públicos. Los eventos hidrometeorológicos, en particular las sequías, han aumentado la migración de las zonas rurales a las ciudades, acelerando el crecimiento demográfico y, con éste, el incremento de la demanda de servicios y empleo. Estas demandas no han logrado ser satisfechas, situación que incrementa aún más la vulnerabilidad de los grupos más pobres del país.</p>

Fuente: elaborado con base en Sosa-Rodríguez (2012 y 2013), SEMARNAT (2009), SEMARNAT-INE (2009), INE-SEMARNAT (2005 y 2006), INE-II-UNAM (2008) e INE-SEMARNAP (1990).

Respuestas federales ante el CC

Desde finales de la década de los 90 del siglo pasado, México ha puesto en marcha varias acciones para favorecer la M&A. Para apoyar la colaboración entre las agencias federales y regionales, minimizar los conflictos entre sectores y regiones, así como maximizar los beneficios de la integración de la política de CC con otros programas que la complementen, en el 2005 se creó la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), la cual se encarga de formular estrategias transversales para enfrentar las variaciones climáticas; por ende, es responsable de la coordinación, seguimiento y evaluación de la *Estrategia nacional de cambio climático* (ENACC), aprobada en el 2007, y del Programa Especial de Cambio Climático, creado en el 2009. Asimismo, la CICC está constituida por representantes de todas las agencias gubernamentales, incluidas las secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Salud (SALUD), Desarrollo Social (SEDESOL), Energía (SENER) y Transportes y Comunicaciones (SCT), así como de las instancias de Protección Civil. Desafortunadamente, la evaluación de los avances para el combate del CC sigue siendo considerada una responsabilidad de las atribuciones de la SEMARNAT y del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC); esta situación ha limitado la coordinación interinstitucional en los tres órdenes de gobierno.

Cabe destacar que el PECC representa un esfuerzo del gobierno para integrar las estrategias de los programas existentes con acciones de la política de CC a niveles sectorial y regional, aunque muchos de éstos no fueron creados originalmente para hacer frente a los impactos del CC —por ejemplo, los programas para mejorar la calidad del aire en las principales zonas metropolitanas, el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y el Programa de Licencia Ambiental, entre otros— contribuyen a este fin. Entre los avances del PECC destaca su enfoque regional dado que toma en cuenta las diferencias en los climas regionales, la asignación de los recursos naturales, las características y necesidades de los sectores para enfrentar las variaciones climáticas y los riesgos climáticos que

enfrenta el país. Sin embargo, los impactos del CC se materializan en forma local, por ende, es necesario fortalecer las capacidades a este nivel teniendo en cuenta los avances que se han logrado en el ámbito regional.

Las estrategias de mitigación del PECC están centradas en fomentar el uso de tecnologías renovables, promover la eficiencia energética, reducir las emisiones de GEI en los procesos productivos, conservar los bosques y áreas verdes, así como regular de manera efectiva la gestión sustentable del suelo. En el caso de las estrategias de adaptación, éstas se orientan a evaluar la vulnerabilidad de los diferentes sectores al CC para fortalecer sus capacidades de adaptación. Por ejemplo, para promover la conservación de los bosques y los servicios ambientales que estos ecosistemas proporcionan (e.g., captura de carbono, conservación de la biodiversidad, creación de suelo y mantener el equilibrio del ciclo del agua), el PECC integra las estrategias del Programa de Áreas Naturales Protegidas (ANP), creado en 1996, el Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR), 1997, el Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), el Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (PROCOREF) y ProÁrbol, aprobados en 2007. Actualmente, este último comprende el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, 2003, y el Programa para el Desarrollo de Mercados de Servicios Ambientales de Captura de Carbono y Derivados de la Biodiversidad (PSA-CABSA), 2004 (INE, 2005; CONAFOR, 2010a y 2010b). Otros objetivos de estos programas incluyen la reducción de incendios forestales, la diversificación de los usos forestales, el fortalecimiento de la silvicultura para el aprovechamiento de los bosques y el desarrollo del mercado mexicano de bonos de carbono.

El PECC también incorpora las estrategias para mejorar la calidad del aire en las principales áreas metropolitanas (e.g., Ciudad de México, Toluca y Puebla), incluyendo las acciones para promover una industria limpia con la sustitución de combustibles (como la gasolina y el diésel por gas natural), exhortar al uso de vehículos menos contaminantes (con convertidores catalíticos), fortale-

cer la eficiencia en el transporte con automotores que tengan tecnologías para un consumo eficaz del comburente (*fuel economy* y *fuel efficiency*), reducir el consumo de combustibles fósiles (e.g., automóviles híbridos y eléctricos), mejorar la calidad de los combustibles (e.g., diésel con bajo contenido de azufre), apoyar la mejora y construcción de infraestructura para un mayor uso del transporte público (e.g., el Metro) y reubicar las actividades industriales en zonas que favorezcan la dispersión de contaminantes.

Los programas para mejorar la calidad del aire también se han orientado a la reducción de emisiones de los contaminantes criterio (CO, NO_x, SO₂, O₃, PM₁₀) y al monitoreo de su evolución, siendo la Ciudad de México pionera en el país en la implementación de medidas en este rubro desde 1989 (SEMARNAT, 2011). Desafortunadamente, el PECC no propone otras estrategias para hacer frente al problema de la calidad del aire y reducir los impactos del CC, lo cual podría apoyar a la mitigación.

Asimismo, el Gobierno Federal informa de manera sistemática sobre las emisiones de GEI generadas en México en sus inventarios de emisiones desde 1995. Para facilitar el registro de éstas y la elaboración de los inventarios, en el 2004 se creó el Programa de Reporte Voluntario de Emisiones de GEI (Programa GEI-México), que representa una respuesta participativa de la industria para apoyar la mitigación. México fue el primer país no-Anexo I en el que un gran número de empresas adoptaron voluntariamente el Protocolo de Kioto para la contabilidad y notificación de sus emisiones de GEI. Por consiguiente, estas empresas han desarrollado capacidades técnicas para estimarlas, apoyar la elaboración de los inventarios y ahorrar energía, además de aprovechar otras oportunidades tecnológicas para avanzar en la mitigación y, por supuesto, aumentar sus beneficios económicos. En enero de 2013 se habían inscrito al Programa GEI-México 155 compañías mexicanas, incluyendo las que forman parte del sector petroquímico (CESPEDES, WWF, 2014).

Cabe destacar que se estima que si el sector privado invirtiera aproximadamente 18 mil millo-

nes de US dólares en medidas que promuevan la eficiencia energética y la generación de energías limpias, éste podría obtener beneficios económicos por 23 mil millones de US dólares en el periodo del 2014 al 2020 (cifra que representa 8% del crecimiento del PIB de México en la última década), además de favorecer la reducción de 40 millones de toneladas de CO₂ equivalente al año (CESPEDES, WWF, 2014).

En el sector público, la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) inició en 1999 el Programa para el Límite de Emisión e Intercambio (conocido como *cap&trade*), el cual ha sido utilizado internamente por la industria petroquímica con el objetivo de promover la eventual negociación de permisos de emisiones de GEI en los mercados nacional e internacional. La consolidación de los mercados de carbono en México continúa en proceso, incorporándose empresas interesadas en participar, así como iniciativas de REDD para la conservación de los bosques y selvas mexicanas.

Otras medidas dirigidas a apoyar la regulación de emisiones de GEI y la gestión de los contaminantes generados en procesos industriales incluyen: 1) la Licencia Ambiental (LAU), 2) la Cédula de Operación Anual (COA) y 3) el Programa Voluntario de Gestión Ambiental (PVG). Por ejemplo, la LAU permite dar seguimiento a las emisiones industriales, descargas de aguas residuales y generación y tratamiento de residuos peligrosos; el COA es una herramienta de monitoreo de desempeño ambiental que actualiza la información sobre las emisiones y transferencias de contaminantes generados por cada industria; por último, el PVG promueve la instalación de dispositivos de reducción de emisiones.

El PECC, además de integrar acciones existentes para el combate del CC, impulsó el diseño y la implementación de nuevos programas dirigidos a la mitigación; por ejemplo, el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) y el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER), creados en el 2009, tienen como objetivo fomentar el desarrollo y uso de energías alternativas (e.g., solar, eólica y bio-

Tabla 2

Respuestas gubernamentales para la M&A al CC en México

Continúa

Sector	Estrategias de mitigación	Estrategias de adaptación
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el uso eficiente del agua en todos los sectores mediante la instalación de dispositivos ahorradores de agua y energía, especialmente para el bombeo, transporte y distribución del agua. • Fomentar hábitos de consumo de agua sustentables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar los precios por m³ consumido y las multas a quienes contaminen los cuerpos de agua. • Incorporar en la gestión del agua información climática. • Promover la conservación del agua con la recuperación de acuíferos y la limpieza de aguas superficiales. • Fortalecer la participación de la sociedad en la gestión del agua.
	<ul style="list-style-type: none"> • Financiar la construcción y mejora de infraestructura, así como el desarrollo e innovación de las tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales para incrementar su capacidad y un consumo eficiente de agua en el riego agrícola. 	
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la cobertura vegetal para aumentar la captura de carbono. • Reducir las horas-máquina en la agricultura. • Rehabilitar los sistemas de bombeo para reducir el consumo de combustible. • Promover el uso de energías renovables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la rehabilitación y recuperación de suelos. • Fomentar el uso de seguros agrícolas (para cosechas). • Utilizar información climática en la planeación agrícola. • Cambiar el rango temporal de los cultivos y seleccionar cultivos resistentes a sequías. • Diversificar las actividades de los agricultores.
	<ul style="list-style-type: none"> • Conservar la biodiversidad y el suelo con la construcción de cercas vivas en zonas de agricultura intensiva, incrementar la reforestación con especies nativas y reducir el espacio ocupado por el ganado. • Recolectar el agua de lluvia. • Ampliar la infraestructura de riego por goteo. 	
Bosques	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer cumplir el marco normativo en materia de uso de suelo y ordenamiento territorial para evitar la pérdida de la cubierta forestal. • Reforestar con especies nativas. • Reducir la deforestación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar los programas forestales sustentables que incorporen información climática y sus proyecciones.
	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el pago de los servicios ambientales proporcionados por los bosques. • Apoyar las prácticas agroforestales y la conservación del suelo y los bosques. 	

Tabla 2

Respuestas gubernamentales para la M&A al CC en México

Continúa

Sector	Estrategias de mitigación	Estrategias de adaptación
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Promover los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) para la conservación y restauración de ecosistemas. • Integrar la conservación de las especies en los programas agrícolas y para la mejora de la infraestructura. • Reducir la degradación ambiental y la deforestación mediante una mayor participación de las comunidades locales en la conservación de su medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar los efectos del CC sobre la biodiversidad.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir las emisiones de GEI con el programa Hoy no Circula. • Evaluar las emisiones de los vehículos. • Fomentar el transporte limpio (e.g., vehículos híbridos o eléctricos) y el desarrollo de tecnologías alternativas. • Promover la investigación en eficiencia energética. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar la información climática en la planificación del transporte, así como en la construcción de infraestructura. • Asignar fondos para ayudar a la reconstrucción de los desastres naturales, así como para la recuperación y mejora de la infraestructura de transporte que sea dañada.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar fuentes alternativas de energía (e.g., eólica, solar o biocombustibles). • Diseñar e implementar mecanismos de ahorro de energía (e.g., para el bombeo de agua, el alumbrado público y los semáforos). • Optimizar los procesos de producción. • Modificar los hábitos de las personas para reducir el consumo de energía. • Promover proyectos de captura de carbono. • Crear un mercado de bonos de carbono en México. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar la información climática en la operación y planeación del sector energético. • Reubicar la infraestructura para la producción de energía a zonas de bajo riesgo cuando sea posible. • Modificar los hábitos de las personas para reducir el consumo de energía.
Salud		<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir y tratar enfermedades relacionadas con el clima (e.g., deshidratación) con la distribución de suero oral y la organización de campañas de vacunación. • Mejorar el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades gastrointestinales. • Implementar sistemas de alerta temprana que eviten la propagación de enfermedades relacionadas con el clima. • Proteger a las personas más vulnerables en periodos de calor y frío extremos. • Mejorar la calidad del agua y fortalecer su monitoreo.

Tabla 2

Respuestas gubernamentales para la M&A al CC en México

Concluye

Sector	Estrategias de mitigación	Estrategias de adaptación
Turismo		<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar los sistemas de alerta. • Incorporar información climática en la planeación y construcción de infraestructura en zonas turísticas, en particular en las costeras. • Promover el uso del seguro contra eventos hidrometeorológicos extremos en las zonas turísticas. • Construir infraestructura en las zonas costeras que resista las amenazas de eventos naturales extremos. • Actualizar y mejorar las normas de construcción. • Diversificar las actividades económicas en las zonas turísticas para reducir la dependencia a una actividad. • Favorecer la coordinación intersectorial en emergencias. • Garantizar el funcionamiento y acceso a las autopistas, aeropuertos y puertos en situaciones de emergencia.
Socioeconómico		<ul style="list-style-type: none"> • Informar a quienes toman decisiones y a la sociedad acerca de los impactos del CC y su prevención. • Desarrollar atlas de riesgos climáticos para identificar los grupos y sectores más vulnerables. • Instalar infraestructura para la reducción de la vulnerabilidad en zonas de riesgo, así como sistemas de alerta temprana. <p>• Promover la participación de las comunidades locales en la conservación de sus recursos naturales.</p>

Fuente: elaborado con base en Sosa-Rodríguez (2013), SEMARNAT (2009), SEMARNAT-INE (2009), INE-SEMARNAT (2005 y 2006), INE-II-UNAM (2008) e INE-SEMARNAP (1990).

combustibles), reducir el consumo de energía y fomentar otras iniciativas sostenibles, como el aislamiento térmico de los hogares, el aire acondicionado de alta eficiencia y la instalación de lámparas fluorescentes. Estos programas también apoyan los ajustes operativos en industrias, empresas e instituciones para reducir su consumo de energía y mejorar la calidad de los carburantes (gasolina y diésel). La implementación de estas acciones recibió la ayuda financiera e intercambio de conocimientos entre México y diversos organismos

internacionales, entre los que destacan el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)¹ y el Banco Mundial (BM).

En cuanto a las medidas de adaptación, el PECC promueve el uso de la información climática y sus proyecciones en la planificación y toma de decisiones para las políticas públicas. Por ejemplo, para: 1) la selección de cultivos resistentes a se-

¹ Global Environment Facility (GEF).

quías, 2) la implementación de programas para un manejo forestal sustentable, 3) la evaluación de los impactos climáticos sobre la biodiversidad, 4) el funcionamiento y construcción de infraestructura resistente a más frecuentes e intensos eventos hidrometeorológicos, 5) la prevención y el tratamiento de enfermedades relacionadas con el clima y 6) la gestión integral de los recursos hídricos. Con este fin, se han mejorado y actualizado los sistemas de alerta temprana, se está fomentando la participación de la sociedad en el uso y conservación de los recursos naturales y se están modificando los patrones de consumo de agua y energía para promover su ahorro.

De acuerdo con los artículos 8 y 9 de la *Ley General de Cambio Climático*, todas las entidades estatales y municipales del país están obligadas a diseñar e implementar un programa para fortalecer las capacidades de adaptación de sus regiones y reducir sus emisiones de GEI (CGEUM, 2012).

La tabla 2 detalla las principales respuestas gubernamentales de M&A por sector en México, las cuales incluyen las acciones del PECC, así como algunas medidas establecidas para reducir la vulnerabilidad. Es importante mencionar que algunas de las acciones implementadas como parte de este programa pueden contribuir tanto a la mitigación como a la adaptación.

No todas las estrategias de CC han tenido los resultados esperados en materia de M&A debido a diversos obstáculos, como: 1) la falta de participación y concientización de la sociedad sobre el CC; 2) los malentendidos acerca de los objetivos, procesos y resultados de estas acciones entre las agencias gubernamentales y 3) la carencia de coordinación y colaboración entre diversos sectores. Asimismo, la ilegalidad y apatía de la población para conocer en qué consiste el CC, sus impactos y cómo podrían contribuir para hacerle frente han dificultado la implementación exitosa de estrategias de M&A. En la siguiente sección se analizan los resultados y la problemática que ha enfrentado la política de CC en México.

Avances y retos en la M&A al CC en el país

Hoy en día, México genera 1.41% del total de las emisiones de GEI a nivel mundial. Con una producción de 747.01 MtCO₂e, ocupa el puesto número 13 de las naciones del mundo con mayores emisiones (ver tabla 3). En el primer lugar se encuentra China, seguida por Estados Unidos de América (EE.UU.), la Unión Europea, India y Rusia. Pocos países han logrado reducir sus emisiones, destacando Alemania, Reino Unido, Dinamarca y Suecia, mientras que EE.UU. y Canadá las han aumentado en 15 y 26.8%, respectivamente. México también las ha incrementado, pasando de 560 MtCO₂e en 1990 a 747.01 MtCO₂e en el 2010 (WRI, 2013; SEMARNAT-INE, 2010).

La mayor contribución de GEI producidos en el país proviene del sector energético, el cual emite 67.42% del total, siendo el consumo de combustibles fósiles la principal fuente con una participación de 83.50% del total nacional. Estas emisiones, básicamente dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO), se atribuyen sobre todo al sector transporte, destacando el de automotores con 21.05%, seguido por la industria de generación de energía (15.50%). Cabe mencionar que las emisiones por tipo de combustible se derivan, principalmente, por el consumo de gasolina y gas natural, las cuales contribuyen en la producción de GEI en 25.4% (102.75 MtCO₂e) y 31% (125.56 MtCO₂e), en ese orden. En general, las emisiones del sector energético son resultado del uso de comburentes fósiles en las industrias manufactureras y para la generación de energía, así como en las emisiones fugitivas de metano provenientes de las actividades mineras, el manejo de carbón y la explotación de petróleo y gas natural (SEMARNAT, 2013; INE-SEMARNAT, 2006; Sheinbaum Pardo y Robles Morales, 2008). En segundo lugar está el sector agrícola, que participa con 12.34% del total de emisiones de GEI a nivel nacional, en particular CH₄ y N₂O, que provienen de los cultivos, el suelo y el manejo del ganado (SEMARNAT, 2013; Ordóñez Díaz y Hernández Tejada, 2008). La ter-

cera posición la ocupan los procesos industriales asociados a la producción y uso de minerales, metales, papel, alimentos, bebidas, derivados de halógenos y azufre, cuya participación es de 8.2% del total (SEMARNAT, 2013; Sheinbaum Pardo y Ozawa Meida, 2008). En el cuarto sitio se identifican los cambios en el uso del suelo y la silvicultura, actividades que producen 6.11% del total de las emisiones de GEI a nivel nacional, en su mayor parte CO_2 y CH_4 , relacionadas con la combustión de biomasa, conversión de bosques a otros usos (doméstico, comercial, industrial o servicios), las emisiones de los suelos minerales y áreas agrícolas, los bosques intervenidos y las tierras abandonadas (SEMARNAT, 2013). Por último, es la gestión de los residuos la que genera 5.91% del total, principalmente metano (CH_4), por la eliminación, tratamiento e incineración de residuos sólidos y la disposición y tratamiento de las aguas residuales (SEMARNAT, 2013; Arvizu Fernández, 2008). La tabla 3 detalla las emisiones de GEI por sectores, su contribución al total nacional y su tasa de crecimiento entre 1990 y el 2010. La tabla 4 describe las reducciones en materia de intensidades energética y de emisiones en México para el mismo periodo de análisis. Mientras que la intensidad energética (IE) mide la cantidad de energía usada por cada mil US dólares producidos, la intensidad de emisiones (IGEI) cuantifica la cantidad de GEI emitida por unidad de producto interno bruto.

Hasta el momento, los avances en materia de M&A en el país han sido deficientes. De 1990 al 2010, México incrementó sus emisiones de GEI en 187 Mt CO_2 e, cifra que representa un aumento de 33.40% en ese periodo, lo cual se explica por un mayor consumo de combustibles fósiles, que alcanzó 6.41 mil petajoules (PJ) en el 2010, con un crecimiento entre 1990 y el 2010 de 51.2% (SEMARNAT, 2013; SENER, 2010), ver tablas 3 y 4. La importancia relativa en la generación de GEI de cada sector con respecto al total nacional ha variado entre 1990 y el 2010, en particular para el sector de la gestión de residuos, el cual está produciendo proporcionalmente más emisiones que en 1990; le siguen los procesos industriales y el sector energía (con el subsector de transporte).

Es importante destacar que todos los sectores han aumentado sus emisiones totales de GEI, con excepción de las actividades relacionadas con los cambios en el uso del suelo y la agricultura. El mayor incremento en las emisiones generadas se registró en el sector encargado de la gestión de residuos, cuyas emisiones casi se duplicaron por la mayor generación y tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales, con un aumento en 167.13% entre 1990 y el 2010, fenómeno que está asociado al crecimiento demográfico y económico de algunas regiones del país.

En el caso de las emisiones industriales, éstas se incrementaron en 102.31% dado un uso más intensivo de la piedra caliza y la dolomita en la construcción, la minería y la producción de acero. Aunque las emisiones totales del sector energético aumentaron en 57.85% ante un mayor consumo de combustibles fósiles por la mayor producción económica del país, la contribución de este sector en las emisiones totales disminuyó en 1%, lo cual se explica por cambios importantes en la reducción del uso de combustóleo reemplazado por gas natural y energía solar (e.g., calentadores solares de agua y alumbrado público) en el rubro asociado al consumo de combustible fósiles en las diversas actividades económicas, así como por la introducción de sistemas de transporte más limpios y de alta capacidad (e.g., el Metro, Metrobus y el Tren Ligerito). Otros avances en particular para el sector transporte incluyen la sustitución de vehículos de transporte público obsoletos por modelos los más recientes y menos contaminantes, que cuentan con una mayor capacidad.

El sector de la vivienda también ha reducido su consumo de energía por un uso más intensivo del gas natural en sustitución del gas LP y el uso de tecnologías que favorecen el ahorro de energía en los electrodomésticos (SENER, 2012). Aunque estos avances son modestos en términos de generación de emisiones de GEI, son relevantes en cuanto a los ahorros en el consumo de energía, además de poner en evidencia que el uso más intensivo del gas natural y la energía solar pueden reducir la intensidad energética del país.

La IE en México alcanzó una cifra de 11.1 MJ/US\$ en 1998 y descendió hasta 8.4 MJ/US\$ en el 2010 a pesar de un incremento en el PIB entre 1998 y el 2010 de 75.03%, situación que representó un descenso en el consumo de energía para la producción en ese mismo periodo de 24.29%, ver la tabla 4; sin embargo, como lo muestran los resultados de esta tabla, las mejoras en la eficiencia energética en el país no han logrado reducir el consumo de combustibles fósiles, pasando de 3 935.4 a 6 410.7 PJ entre 1990 y el 2010, favoreciendo un aumento en la generación de GEI. En parte, la falta de desarrollo de alternativas energéticas sustentables y las mejoras en la eficiencia energética se explica por los altos costos que representan las propuestas para desarrollar mecanismos de desarrollo limpio (MDL), estimados entre 120 mil y 250 mil US dólares (UNFCCC, 2006), junto con largos periodos de espera para la aprobación de dichos proyectos. Ambos obstáculos han desalentado las iniciativas locales y regionales que pueden beneficiar a las comunidades por sus limitaciones de recursos económicos y de capital humano calificado para desarrollar e implementar tecnologías limpias.

En el caso del sector agrícola, sus emisiones se redujeron en 0.65%, pasando de 92.78 a 89.99 MtCO₂e entre 1990 y el 2010, lo cual se atribuye a una disminución en la ganadería y los cultivos de cereales (arroz y maíz), que trajo como resultado un incremento en la importación de alimentos. Aunque la reducción de las actividades agrícolas ha impactado de manera positiva en la disminución de GEI, esta situación pone en riesgo la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de los agricultores, quienes representan poco más de 22% de la fuerza laboral en México (INEGI, 2014). Desafortunadamente, la mayoría de la población que trabaja en este sector vive en severas condiciones de marginación y vulnerabilidad.

Con base en los inventarios de GEI, se podría concluir que la conservación de los bosques ha favorecido la reducción de las emisiones atribuidas a cambios en el uso de suelo en 27.05% en el periodo 1990-2010. Sin embargo, se piensa que esta cifra está sobrestimada, ya que no existe suficiente

información para calcular con certeza la contribución de este sector en la generación de CO₂ y/o su captura. Dadas las elevadas tasas de deforestación y la acelerada urbanización en muchas ciudades del país, se piensa que la generación de emisiones por cambios de uso de suelo ha aumentado y no disminuido, como lo proponen los inventarios; sólo en el de 1990 (INE-SEMARNAP, 1990) se analiza la pérdida de los bosques y los cambios de uso de suelo, identificándose esta problemática como la tercera fuente de generación de GEI en el país. Lamentablemente, en los inventarios subsecuentes, las emisiones por cambios de uso suelo han recibido una menor importancia y no han sido cuantificadas con rigurosidad.

La degradación ambiental y pérdida de los bosques mexicanos es causada, principalmente, por el crecimiento de las ciudades y la proliferación de los asentamientos informales; por ello, aunque los bosques y las áreas de conservación están reguladas, no se cuenta con los mecanismos administrativos, normativos y de monitoreo que eviten y sancionen la explotación ilegal, así como los asentamientos humanos ilegales en estas áreas. La falta de confiabilidad en la información asociada con la pérdida de los bosques y la poca importancia que le asignan las autoridades a este grave problema se pone en evidencia cuando la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010a) reporta que los programas de conservación de los bosques han reducido la tasa de deforestación en 155 mil hectáreas/año. Si bien esta reducción no deja de ser un logro importante, México se ubica en la quinta posición de los países a nivel mundial con las mayores tasas de deforestación, situación que no es muy alentadora. Asimismo, esta cifra sólo tiene en cuenta el número de árboles plantados, pero no considera si éstos sobreviven después de un año, si las especies coinciden con la flora de las zonas recuperadas o si los niveles de degradación de los bosques se han reducido. Tampoco estas cifras coinciden con las tasas de deforestación reportadas por el INEGI, que son tres veces más altas: 478.92 miles ha/año (INEGI, 2010b).

De manera adicional, la falta de conocimiento y capacidad administrativa para una gestión fores-

tal sustentable, la regulación excesiva y la pobreza en las comunidades locales han promovido la tala y sobreexplotación ilegal de los bosques; por ejemplo, los permisos para realizar actividades de silvicultura cuestan entre 2 142 y 5 929 pesos por 500 m³, siendo más caros que los que son para el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, cuyo monto asciende entre 734 pesos/hectárea y 6 550 pesos/200 hectáreas (CCMSS, 2008). Por otro lado, el pago a las comunidades locales por los servicios ambientales (PSA) que proporcionan los bosques localizados en sus ejidos se ha reducido a subsidios por no deforestar. Este tipo de enfoque limita la construcción de capacidades de M&A al no involucrar efectivamente a las comunidades locales en la gestión sustentable de estos recursos de los cuales podrían ser guardianes.

El fracaso de la política de CC para actuar con eficacia en la conservación de los bosques ha limitado el éxito de los avances en materia de M&A. A la fecha, estos ecosistemas en México continúan siendo generadores netos de emisiones de GEI, dado que las que producen superan sus capacidades para la captura de CO₂ por la deforestación y el deterioro ambiental. La escala utilizada en la información cartográfica para analizar los cambios en el uso del suelo no refleja el deterioro ambiental de los bosques lo cual, indudablemente, afecta su capacidad para prestar servicios ambientales. Una situación similar son los inventarios de emisiones de GEI, ya que la información proporcionada en estos documentos no está completa y se encuentra estructurada de una manera compleja, dificultando su comprensión para quienes toman decisiones.

Con respecto a los avances en materia de adaptación, una estrategia esencial para enfrentar al CC es la reducción de la pobreza, ya que los grupos marginados suelen verse obligados a ubicarse en zonas de alto riesgo que carecen de acceso a los servicios básicos, situación que los hace más vulnerables a los riesgos climáticos. Lamentablemente, los aumentos en la temperatura, inundaciones, sequías y brotes de enfermedades afectarán sobre todo a estos grupos, por lo que el combate contra

la pobreza debe ser reconocido como una estrategia prioritaria para la política de CC.

Por último, entre las medidas que hacen a México pionero en materia normativa es la aprobación de la *Ley General de Cambio Climático* en el 2012, cuyo carácter es obligatorio a niveles nacional, estatal y municipal, la cual faculta a las autoridades de los diferentes niveles de gobierno a regular las acciones para enfrentar el CC, promover instrumentos financieros para fortalecer las capacidades de M&A, fomentar la elaboración de inventarios de emisiones de GEI y sentar las bases para crear un mercado de bonos de carbono que opere a niveles nacional e internacional. Evidentemente, la aprobación de esta ley es un importante paso para el éxito de la política de CC en México, aunque la creación de mecanismos para vigilar su cumplimiento y sancionar su incumplimiento es una tarea pendiente.

Conclusiones

El CC es uno de los mayores desafíos que enfrenta México, pero también representa una oportunidad para promover un desarrollo más sustentable si se crean y fortalecen las capacidades de M&A. En la actualidad, hay evidencias de que los cambios atípicos en la temperatura y precipitación han incrementado la frecuencia e intensidad de inundaciones, sequías y olas de calor, entre otros eventos hidrometeorológicos extremos. Debido a que estos impactos se distribuirán de manera desigual social y espacialmente, una política de CC exitosa debe tener en cuenta las diferencias en las capacidades, los niveles de exposición y la vulnerabilidad de los grupos y sectores.

Dada la limitación de los recursos humanos, financieros y tecnológicos, la integración de las estrategias y los programas existentes que contribuyan a hacer frente a este fenómeno podrían favorecer la reducción de los costos y aumentar la eficacia de las respuestas gubernamentales. Por lo pronto, los avances en materia de M&A en México no han sido suficientes para reducir las emisiones de GEI, las

Tabla 3

Evolución de las emisiones de GEI por sectores en México entre 1990 y el 2000

Categoría/Año	MtCO ₂ e (tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente)										Porcentaje										Tasa de crecimiento			
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	1990-2010	1990-2010
Energía	319.2	328.0	359.4	358.2	393.3	403.9	406.3	438.3	460.0	510.6	503.8	57.0	56.6	58.7	60.3	62.6	63.2	70.2	69.3	66.3	68.3	67.4	67.4	57.9
a. Consumo de combustibles fósiles	279.9	291.0	308.9	311.2	351.8	356.8	350.4	375.6	382.7	401.7	420.7	50.0	50.2	50.5	52.4	56.0	55.9	60.5	59.4	55.2	53.7	56.3	50.3	50.3
a.1 Transporte*	89.1	95.0	102.3	99.3	107.8	114.8	117.9	139.1	144.7	180.3	166.4	15.9	16.4	16.7	16.7	17.1	18.0	20.4	22.0	20.9	24.1	22.3	86.7	86.7
a.1.1 Transporte automotor	81.2	88.1	93.6	91.4	99.0	104.0	109.0	129.8	135.0	169.4	157.2	14.5	15.2	15.3	15.4	15.7	16.3	18.8	20.5	19.5	22.6	21.0	93.6	93.6
b. Otros	39.3	37.0	50.5	47.0	41.5	47.1	55.9	62.7	77.3	108.9	83.1	7.0	6.4	8.2	7.9	6.6	7.4	9.7	9.9	11.1	14.6	11.1	111.7	111.7
Procesos industriales	30.3	32.8	39.2	37.5	40.8	47.0	52.2	44.3	57.3	58.2	61.2	5.4	5.7	6.4	6.3	6.5	7.4	9.0	7.0	8.3	7.8	8.2	102.3	102.3
Agricultura	92.8	89.8	89.8	86.3	87.5	87.1	44.8	66.9	89.0	90.0	92.2	16.6	15.5	14.7	14.5	13.9	13.6	7.7	10.6	12.8	12.0	12.3	-0.6	-0.6
Residuos	16.5	16.8	22.0	23.0	23.6	27.0	30.2	33.3	37.1	40.4	44.1	3.0	2.9	3.6	3.9	3.8	4.2	5.2	5.3	5.3	5.4	5.9	167.1	167.1
Cambio de uso de suelo y silvicultura	101.3	112.1	101.4	89.0	83.2	73.8	45.4	49.5	50.5	48.9	45.7	18.1	19.3	16.6	15.0	13.2	11.6	7.8	7.8	7.3	6.5	6.1	-27.0	-27.0
Total	560.0	579.5	611.7	594.0	628.4	638.7	578.9	632.2	693.8	748.1	747.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	33.4	33.4

* Incluye aviación, autotransporte, así como transporte ferroviario y marítimo.
Fuente: estimado con base en información obtenida de SEMARNAT (2013).

Tabla 4

Intensidad energética e intensidad de emisiones en México, 1990-2006

Año	Consumo combustibles fósiles (PJ)	Emisiones de GEI (MtCO ₂ e)	PIB a precios constantes (millones de US dólares del 2005)	Intensidad energética (IE) (MJ/US dólares)	Crecimiento anual IE con base en GEI de 1990	Intensidad de emisiones (IGE) (emisiones/US dólares)	Crecimiento anual de IGE con base en GEI 1990
1990	3 935.4	560.0	883 193.4	4.5		634.0	
1992	4 112.3	579.5	1 111 219.5	3.7	-16.9	521.5	-17.7
1994	4 527.0	611.7	1 178 818.9	3.8	3.8	518.9	-0.5
1996	4 419.1	594.0	413 508.5	10.7	178.3	1 436.4	176.8
1998	4 838.1	628.4	435 769.3	11.1	3.9	1 442.0	0.4
2000	4 977.4	638.7	580 791.0	8.6	-22.8	1 099.8	-23.7
2002	5 061.4	578.9	635 168.1	8.0	-7.0	911.4	-17.1
2004	5 527.7	632.2	572 286.5	9.7	21.2	1 104.8	21.2
2006	5 609.4	693.8	736 407.7	7.6	-21.1	942.2	-14.7
2008	6 502.1	748.1	770 643.2	8.4	10.8	970.7	3.0
2010	6 410.7	747.0	762 747.9	8.4	-0.4	979.4	0.9

Fuente: estimado con base en información obtenida de SEMARNAT (2013), SENER (2010), BANXICO (2012a y 2012b) y CEPAL (2014).

cuales han aumentado 187.01 MtCO₂e entre 1990 y el 2010, mientras que el desarrollo de las capacidades de adaptación se ha visto limitada por el incremento de la pobreza. La larga recesión económica y la falta de oportunidades para la población ha obligado a los grupos más marginados a ubicarse en zonas de alto riesgo, que a menudo carecen de acceso a servicios básicos, haciéndolos más vulnerables a los riesgos climáticos; por lo tanto, una estrategia esencial para hacer frente a este fenómeno es reducir la pobreza mediante la creación de oportunidades de empleo, además de garantizar las condiciones de viviendas seguras. Lamentablemente, las variaciones climáticas y sus impactos afectarán sobre todo a los grupos más pobres.

A pesar de ello, existen importantes avances en materia de M&A, entre los que destacan la construcción de sistemas limpios de transporte, el desarrollo de energías alternativas y las mejoras de los sistemas de alerta temprana. Otras acciones que complementan estos esfuerzos son las reducciones en el consumo de energía, la mejora en la gestión de los residuos y la reforestación. Cabe destacar que las mejoras en términos de eficiencia energética han favorecido la reducción de las intensidades energética y de emisiones de GEI en México. Por ello, a pesar de un incremento en el PIB entre 1998 y el 2010 de 75.03%, el consumo de energías fósiles se redujo en 24.29%; esta situación pone en evidencia la urgente necesidad de seguir promoviendo el desarrollo de tecnologías limpias, así como las mejoras en los procesos que permitan hacer más eficiente el consumo de energía.

Un requisito para que la política de CC en el país sea exitosa es la regulación eficaz del uso del suelo para evitar un crecimiento demográfico y urbano acelerado que supere la capacidad de carga del medio ambiente. Si el desarrollo urbano en las ciudades mexicanas sigue permitiendo el crecimiento de los asentamientos irregulares en áreas naturales protegidas o de alto valor ambiental, ninguna medida será suficiente para reducir la vulnerabilidad de estos grupos, además de condenar a los bosques mexicanos a ser emisores netos de carbono en vez de aprovechar sus servicios ambientales.

Por otro lado, la coordinación y colaboración intersectorial para el combate contra el CC requiere ser reforzada para reducir la fragmentación institucional actual. Desafortunadamente, aunque la formulación, evaluación y seguimiento de las medidas de M&A son una responsabilidad de todas las dependencias que forma parte de la CICC, esto se le sigue asignando a la SEMARNAT y al INECC, situación que obstaculiza una implementación efectiva de esta política. Del mismo modo, la participación activa e informada de la sociedad debe ser promovida para crear y fortalecer las capacidades de mitigación y adaptación que requiere el país; para ello, es de vital importancia conocer el lenguaje, la forma y los medios más eficaces para informar tanto a quienes toman decisiones como a la sociedad sobre los impactos del CC, sus niveles de vulnerabilidad y las acciones que pueden implementar para enfrentar este fenómeno. Por último, hasta el momento, el cambio climático sigue siendo un problema restringido a las élites políticas, económicas e intelectuales en México.

Fuentes

- Adger, W. N., S. Huq, K. Brown, D. Conway y M. Hulme. "Adaptation to climate change in the developing world", en: *Progress in Development Studies*. 3, 2003, pp. 179-195.
- Agrawala, S. y S. Fankhauser (eds.). *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments. Executive summary*. Paris, OECD Publishing, 2008, pp. 1-8.
- Arvizu Fernández, J. L. *Actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, 1990-2006. Categoría de desechos*. México, INE, 2008.
- Banco Mundial (BM). *Mexico leading the agenda on mitigation and adaptation to climate change*. Washington, BM, 2010.
- BANXICO. *Serie histórica del tipo de cambio*. México, BANXICO, 2012a.
- _____. *Serie histórica del PIB anual a precios corrientes*. México, BANXICO, 2012b.
- Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu y J. P. Palutikof. *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra, IPCC, 2008.
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (CGEUM). "Ley General de Cambio Climático", en: *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. México, CGEUM, 2012.

- Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMSS). "Tramitología: un fuerte obstáculo para el sector forestal de México", en: *Nota Informativa Núm. 19. Red de Monitoreo de Políticas Públicas*. México, CCMSS, 2008.
- CESPEDES. *Empresas registradas en el Programa GEI-México*. México, CESPEDES, 2014.
- CESPEDES, WWF. *8%+Sector privado y crecimiento bajo en carbono en México*. DF, CESPEDES-WWF, 2014.
- CONAFOR. *Inventario Nacional Forestal y de Suelo*. México, SEMARNAT-CONAFOR, 2010a.
- _____. *Servicios ambientales y cambio*. México, SEMARNAT-CONAFOR, 2010b.
- _____. *Estadísticas del agua en México*. México, CONAGUA, 2011.
- Delgado, M. "Water, Energy and Food Security in Mexico City", en: Otto-Zimmermann, K. (edit.). *Resilient Cities 2*. Netherlands, Cities and Adaptation to Climate Change. Proceedings of the Global Forum 2011, Springer, 2012, pp. 105-111.
- Hernández Cerda, M. E. y G. Valdez Madero. "Sequía meteorológica", en: Martínez J. y A. Fernández Bremauntz (comp.). *El cambio climático visto desde México*. México, SEMARNAT-INE, 2004, pp. 315-326.
- Montero Martínez, M. J., J. Martínez Jiménez, N. I. Castillo Pérez y B. E. Espinoza Tamarindo. "Cap. 2. Escenarios climáticos en México proyectados para el siglo XXI: precipitación, temperaturas máximas y mínimas", en: IMTA. *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. México, IMTA, 2010, pp. 39-68.
- INE. *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México 2005*. México, UNDP/INE/SEMARNAT, 2005.
- _____. *Tercera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)* México, SEMARNAT, 2006.
- INE-II-UNAM. *Inventario Nacional de GEI 2006*. México, INE-II-UNAM, 2008.
- INE-SEMARNAT. *Inventario Nacional de GEI 1990-2002*. México, INE-SEMARNAT, México, 2006.
- _____. *Inventario Nacional de GEI 2002*. México, INE-SEMARNAT, 2005.
- INE-SEMARNAP (1990). *Inventario Nacional de GEI 1990*. INE-SEMARNAP, México.
- INEGI. *Resultados oportunos. Censos Económicos 2014*. México, INEGI, 2014.
- _____. *Estadísticas a propósito del Día Mundial Forestal*. INEGI, 2010b.
- IPCC. "Summary for Policymakers", en: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I. Fourth Assessment Report*. IPCC. Cambridge-New York, Cambridge University Press, 2007a, pp. 1-7.
- _____. "Summary for Policymakers", en: Parry, M. L., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson (Eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II. Fourth Assessment Report*. IPCC. Cambridge, Cambridge University Press, 2007b, pp. 7-22.
- Ordóñez Díaz, J. A. B. y T. Hernández Tejeda. *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, 2006. Informe Final. Categoría de Agricultura*. México, INE, 2008.
- Sheinbaum Pardo, C. y G. Robles Morales. *Inventario Nacional de Emisiones de GEI 2006. Informe final. Categoría de energía*. México, INE, 2008.
- Sheinbaum Pardo, C. y L. Ozawa Meida. *Inventario Nacional de Emisiones de GEI 2006. Informe final. Categoría de procesos industriales y uso de productos*. México, INE, 2008.
- SEMARNAT. *Programa GEI-México*. México, SEMARNAT/WRI/CESPEDES/WBCSD, 2012.
- _____. *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, PROAIRE III, 2011-2020*. México, GDF/SEMARNAT/SS/GEM, 2011.
- _____. *Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012 (PECC)*. México, Poder Ejecutivo Federal, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), 2009.
- SEMARNAT-INE. *Cuarta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático-México*. México, SEMARNAT-INE, 2009.
- SENER. *Prospectiva del sector eléctrico 2003-2012*. México, SENER, 2012.
- _____. *Balance nacional de energía 2010*. México, SENER, 2010.
- _____. *Prospectiva de petróleo crudo 2008-2017*. México, SENER, 2008.
- Sosa-Rodríguez, F. S. "From Federal to City Mitigation and Adaptation: Climate Change Policy in Mexico City", en: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change Journal*. Vol. 19, 2013. DOI: 10.1007/s11027-013-9455-1.
- _____. "El futuro de la disponibilidad del agua en México y las medidas de adaptación utilizadas en el contexto internacional", en: *Revista SocioTam*. XXVIII, Núm. 2 (2013), 2012, pp. 165-189.
- _____. "Impacts of Water-management Decisions on the Survival of a City: From Ancient Tenochtitlan to Modern Mexico City", en: *Water Resources Development*. 26, 2010a, pp. 675-687.
- _____. "Exploring the risks of ineffective water supply and sewage disposal: A case study of Mexico City", en: *Environmental Hazards*. 9, 2010b, pp. 135-146.
- Smit, B., O. Pilifosova, I. Burton, B. Challenger, S. Huq, R. J. T. Klein y G. Yohe. "Chapter 18. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity", en: McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken y K. S. White (eds.). *Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Working Group II*. IPCC. Cambridge, Cambridge University Press, 2001, pp. 879-912.
- UNFCCC. *Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol*. Reporte FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.1, Montreal, UNFCCC, 2006.
- Weiss, J. y J. Overpeck. *Maps of areas susceptible to sea level rise*. *Environmental Studies Laboratory*. Department of Geosciences, University of Arizona, 2012.
- World Resources Institute (WRI). *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)*. Washington, WRI, 2013.