

## CAPÍTULO SEGUNDO

# EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REFORMA ENERGÉTICA EN MÉXICO: ENTRE LOS COMPROMISOS INTERNACIONALES Y LA REALIDAD NACIONAL

Rosalía IBARRA SARLAT\*

SUMARIO: I. *Nota introductoria*. II. *Objetivo y compromisos internacionales en materia climática*. III. *México ante el cambio climático*. IV. *La reforma energética y los compromisos frente al cambio climático*. V. *Conclusiones*. VI. *Bibliografía*.

### I. NOTA INTRODUCTORIA

Actualmente en los países con economías emergentes, como es el caso de México, el crecimiento económico y demográfico constituye el motor del aumento de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por la quema de combustibles fósiles, situación que debe examinarse frente al actual compromiso internacional en materia climática, que implica mantener la temperatura media global por debajo de los 2°C.

Conciliar las crecientes demandas energéticas con la urgente necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles es un reto que México debe afrontar como una imperante medida de mitigación de GEI aun cuando su contribución al total de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> sea tan sólo del 1.4%, ya que la vulnerabilidad de nuestro país ante los impactos negativos del cambio climático es muy alta.

Sin embargo, las oportunidades existentes para avanzar hacia una transición energética compatible con las necesidades y compromisos nacionales e internacionales en materia climática no están siendo tomadas en cuenta

---

\* Investigadora en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo: rosibsa@hotmail.com.

en la reciente reforma energética al impulsar la continua explotación de hidrocarburos y poniendo en riesgo la seguridad energética y climática en el largo plazo.

## II. OBJETIVO Y COMPROMISOS INTERNACIONALES EN MATERIA CLIMÁTICA

El cambio climático es un fenómeno que se ha manifestado por miles de años, entendido como una serie de anomalías que se presentan en una región específica o en toda la superficie terrestre durante periodos de tiempo, que van desde décadas hasta millones de años, cuyas causas directas e indirectas se atribuyen a diversas actividades humanas, así como a ciertos fenómenos naturales. Sin embargo, de acuerdo con el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático —IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change—, la influencia humana es la causa dominante desde 1950 (IPCC, 2013b: 15, 17-19), cuya evidencia se ha detectado en el efecto que las emisiones continuas de GEI generadas por actividades antropógenas han provocado en el calentamiento de la atmósfera y del océano, en las alteraciones en el ciclo global del agua, en las reducciones de la cantidad de nieve y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en los cambios en algunos fenómenos climáticos extremos; de ahí que se sustente que para contener el cambio climático sea necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de GEI causadas por actividades como la quema de bosques y biomasa en la agricultura, el uso de fertilizantes, la deforestación, el cambio de uso de suelo, la agricultura extensiva, la urbanización, los procesos industriales, y principalmente el consumo y producción energética mediante la extracción y combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), (IPCC, 2013b).

Al respecto, cabe señalar que las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron con el 78% al aumento de emisiones de GEI en el periodo de 1970 a 2010, y con un porcentaje similar de 2000 a 2010, anualmente el aumento de las emisiones en este último periodo correspondieron de forma directa el 47% al sector de suministro de energía, 30% a la industria, 11% al sector de transporte y el 3% al sector de los edificios (IPCC, 2014a: 6-10).

Si bien el sector energético representa un importante porcentaje en cuanto a la contribución de emisiones antropógenas de GEI a la atmósfera, el aumento de las mismas y su ritmo acelerado se manifiesta en todos los sectores económicos, cuyo ascenso ha alcanzado en los últimos años

los niveles de concentración atmosférica de 400 partes por millón (ppm) (EASRL-GMD, 2013), lo que contribuye al incremento de la temperatura promedio del planeta, la cual podría llegar a sobrepasar los 4°C hacia finales de este siglo, ocasionando graves e irreversibles impactos ambientales, económicos y sociales (PICIRCA, 2012).

Ante tal situación, los países miembros de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y del Protocolo de Kioto, acordaron que en la próxima Conferencia de las Partes, a celebrarse en diciembre de 2015 en París (CoP 21/CMP11), adoptarán un nuevo instrumento jurídico internacional para el cambio climático, el cual entrará en vigor en 2020, con un periodo de vigencia aún por definir en las próximas negociaciones, cuyo fin será la reducción significativa de emisiones de GEI tanto de los países desarrollados como de los en vías de desarrollo, para cumplir con el objetivo adoptado en el Acuerdo de Copenhague en la Cop15/CMP5 de mantener el máximo de la temperatura global por debajo de los 2°C en lo que queda de siglo, umbral de seguridad climática desde el punto de vista científico.

Este nuevo instrumento, a diferencia del Protocolo de Kioto, incluirá compromisos de países desarrollados y en desarrollo. La terminología acordada por los países para referirse a estos compromisos es la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC —*Intended Nationally Determined Contribution*—). La INDC es la descripción y cuantificación de las contribuciones que en materia de mitigación y de adaptación al cambio climático determinará cada país para el periodo 2020 al 2030, de acuerdo con sus circunstancias nacionales.

El término *contribución* fue producto de un arreglo entre los términos *compromiso* usado hasta entonces para países desarrollados, y *acciones nacionales apropiadas de mitigación* empleado por ahora para países en desarrollo. Cabe señalar que el término *contribuciones* no sólo es aplicable a la mitigación, ya que su significado también puede abarcar la adaptación, la financiación, el desarrollo de capacidades y la transferencia de tecnología o el apoyo en materia tecnológica. De manera global, las INDC constituyen un indicador del compromiso que la comunidad internacional se propondrá realizar para hacer frente al cambio climático, el cual deberá estar a la altura del desafío que supone reducir las emisiones de GEI a un nivel compatible con el objetivo de los 2°C (Höhne *et al.*, 2014, 1 y 2).

Ahora bien, de acuerdo con el IPCC, para lograr tal objetivo se requiere reducir las emisiones de GEI entre un 40 y un 70% a nivel mundial entre 2010 y 2050, y disminuirlas hasta un nivel cero o negativo en 2100, por lo que las INDC deben ser compatibles con este escenario, y en congruencia

con la imperiosa necesidad de generar cambios a gran escala en los sistemas energéticos (IPCC, 2014a: 12), básicamente de los países con grandes economías, como Estados Unidos, Australia, Brasil, Reino Unido, Canadá, China, Francia, Alemania, India, Indonesia, Japón, México, Rusia, África del Sur y Corea del Sur, que producen el 70% del total mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero (Sachs y Tubiana, 2014).

En cuanto a este último aspecto, especialistas proponen generar una descarbonización profunda de los sistemas energéticos nacionales, enfocada en tres pilares aplicables en común a los países con las mayores economías mundiales: 1. Eficiencia y ahorro energético, 2. Electricidad baja en carbono, y 3. Sustitución de combustibles. La implementación de los tres pilares implicarán, no obstante, diferentes enfoques basados en las circunstancias nacionales, tales como las condiciones socioeconómicas, la disponibilidad de recursos energéticos renovables, y los imperativos políticos nacionales con respecto al desarrollo de las energías renovables, la energía nuclear, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y otras tecnologías (Sachs y Tubiana, 2014: XII).

La descarbonización profunda y procesos similares implican una visión a largo plazo más allá de 2030 (es decir, más allá del enfoque actual de las negociaciones internacionales que se preparan para la CoP21/CMP11 respecto a la mitigación), lo que resulta compatible con las estrategias necesarias para mantener la temperatura límite global de 2°C, cuyo compromiso compartido con la meta global requerirá de la cooperación mundial público-privada necesaria para lograrlo, incluyendo la cooperación tecnológica (desarrollo, acceso y difusión de nuevas tecnologías con baja emisión de carbono), el apoyo financiero y la creación de capacidades; aspectos que se espera sean tomados en cuenta en el nuevo instrumento jurídico internacional con miras a una transición energética global que no dependa de los combustibles fósiles y que sea capaz de satisfacer las necesidades energéticas que demanda el actual crecimiento económico y demográfico, pues ello constituye un componente clave para minimizar los impactos del cambio climático y hacer posible un futuro sostenible.

### III. MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

#### 1. *Diagnóstico nacional de vulnerabilidad*

De acuerdo con el IPCC, la vulnerabilidad es definida como la *propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de*

*conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014b: 5).*

De tal manera que la vulnerabilidad y exposición a los riesgos climáticos se ve determinada por diversos factores, tales como ubicación geográfica, distribución territorial de la población e infraestructura y dependencia de recursos naturales frágiles para desarrollar actividades económicas y de sustento, influyendo de igual manera la capacidad de respuesta, la disponibilidad de recursos financieros, tecnológicos, de organización y planificación (Gutiérrez y Espinosa, 2010: 19-21).

El territorio mexicano, especialmente, por su posición y características geográficas, es considerado como uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático (Gay, 2000), ya que particularmente se ve expuesto a diferentes fenómenos hidrometeorológicos a causa de su ubicación entre dos océanos, en zona de ciclones, su latitud y relieves (PECC 2014-2018: 4-9).

De acuerdo con información del Atlas Nacional de Riesgos, diversos fenómenos hidrometeorológicos afectan al país provocando la pérdida de vidas humanas, así como daños materiales de importancia, que conllevan a un detrimento económico, retrasando el desarrollo del país, al incidir en diversos sectores estratégicos, como la educación, salud, vivienda, transportes, entre otros, que son afectados en su regular funcionamiento por el desvío de recursos y esfuerzos adicionales a la atención de emergencias y a la reconstrucción. En el caso mexicano, las principales amenazas hidrometeorológicas son las lluvias torrenciales, las sequías, los ciclones tropicales, las ondas de calor, los frentes fríos y las suradas (Cenapred, 2012).

Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos, flujos con sedimentos en las laderas de las montañas, movimientos de masa que transportan lodo, rocas, arena, árboles y otros objetos, que pueden afectar viviendas, puentes y tramos carreteros. Las granizadas producen afectaciones en zonas de cultivo, obstrucciones del drenaje y daños a estructuras en la zona urbana. Por su parte, las sequías provocan fuertes pérdidas económicas a la ganadería y a la agricultura en periodos de meses o años. Se estima que la mayor parte del país se volverá más seca, y las sequías serán más frecuentes, con el consecuente aumento de demanda de agua, particularmente en el norte del país y en zonas urbanas. En cuanto a los ciclones, existe consenso respecto al aumento en su intensidad en el noroeste del Pacífico y en el Atlántico Norte, y se prevé que a mayor número e intensidad de tormentas, los impactos podrían tener mayores consecuencias sociales y económicas relevantes. En el caso de los océanos, un aumento en la temperatura puede ocasionar un colapso demográfico en las poblaciones

marinas, ocasionando baja productividad para las pesquerías. En cuanto al aumento del nivel del mar, este constituye un peligro para los sectores residencial y de infraestructura asentados en zonas costeras; a su vez, los sectores hídrico y agrícola podrían verse afectados por efecto de la intrusión salina. Por otro lado, el frío es causa de muertes en los sectores de la población de bajos recursos económicos (Cenapred, 2012; PECC 2014-2018: 4-9).

Al respecto, cabe señalar que un factor determinante de la vulnerabilidad social en México es la pobreza,<sup>1</sup> ya que es una circunstancia que influye en la exposición a los riesgos climáticos debido a las carencias en infraestructura de los asentamientos humanos y la desigualdad social (Moreno y Urbina, 2008: 14 y 15), cuyos grupos en situación de pobreza y extrema pobreza habitan en viviendas precarias y en zonas de alto riesgo ante fenómenos meteorológicos extremos, tales como laderas de montañas, barrancas o zonas susceptibles de inundación (PECC 2014-2018: 10).

La frecuencia y la intensidad de dichos eventos meteorológicos están superando por mucho la capacidad de planeación y reacción del gobierno, y están impactando gravemente no sólo a la población, sino también a las finanzas del país, cuyo perjuicio económico ha pasado de un promedio anual de 730 millones de pesos en el periodo de 1980 a 1999 a 21,950 millones para el periodo 2000-2012 (ENCC Visión 10-20-40: 32).

Como se aprecia en este bosquejo general, México es altamente vulnerable ante el cambio climático, cuyo territorio está expuesto en un 15%, su población en un 68.2%, y en riesgo de afectar su economía en un 71% (PECC 2009-2012: 23).

## 2. *Diagnóstico nacional de emisiones de GEI*

México emite el 1.4% del total de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles, y ocupa la posición número 12 en el rango de países emisores.<sup>2</sup> Si bien en el contexto internacional la contribución porcentual es mínima, desde un enfoque nacional el incremento de emisiones de GEI en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq.)

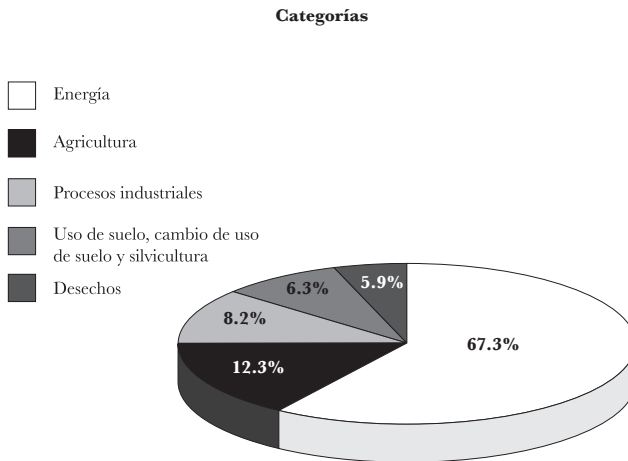
---

<sup>1</sup> En México, el 45.5% de la población tiene al menos una carencia social (en los seis indicadores de rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias (Coneval, 2013).

<sup>2</sup> El primer lugar lo ocupa China, con el 24.4%, seguido por Estados Unidos, con el 18.6% (Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, 2012: 232).

ha sido acelerado, ya que de acuerdo con los datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) se ha presentado un aumento del 33.4% de 1990 a 2010, con una tasa de crecimiento media anual de 1.5% (Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, 2012: 195).

En 2010 la contribución de las emisiones de los GEI en términos de CO<sub>2</sub> equivalente representó la siguiente distribución porcentual:



Fuente: Quinta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, 2012: 195.

La categoría de energía incluye las emisiones causadas por la exploración, producción, transformación, manejo y consumo de productos energéticos, las cuales expresadas en CO<sub>2</sub> eq. crecieron un 56.5% de 1990 a 2010 con una tasa de crecimiento media anual de 2.3%; a su vez, dentro de dicha categoría los dos sectores con mayor contribución a emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por el uso de combustibles fósiles, de acuerdo con el INEGEI 1990-2010 fueron: el de transporte, con el 31.1%, y el de generación eléctrica, con el 23.3%.

En cuanto a emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), éstas presentaron un incremento del 59.8% de 1990 a 2010, cuyas principales fuentes de emisión correspondieron a los sectores de energía, desechos y agricultura. En 2010 se destacó que prácticamente la mitad de las emisiones de metano (45.9%) fueron contribuidas por las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural.

Respecto a las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), en el INEGEI 1990-2010 se señala que su incremento ha sido a causa del aumento tanto del parque vehicular como del consumo de combustible fósiles en el autotrans-



porte, y a un mayor uso de convertidores catalíticos como parte del equipamiento de modelos recientes.

En general, en 2010 la principal emisión de la categoría de energía fue el CO<sub>2</sub>, que contribuyó con 80.4% del total, seguida por las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, con el 16.9% y 2.7%, respectivamente.

Los datos expuestos son preocupantes, ya que de continuar con este escenario se calcula que en 2020 las emisiones de GEI podrán alcanzar las mil millones de toneladas, es decir, un 28% más que las de 2010 (PECC 2014-2018: 18).

Por último, cabe mencionar que de acuerdo con la última actualización del INEGEI realizada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), las emisiones totales del país en 2013 fueron 665,304.919 Gg.<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> equivalente.

### 3. *Compromisos nacionales e internacionales frente al cambio climático*

Ante la comunidad internacional, México es un país que ha implementado acciones para dar cumplimiento a sus compromisos contraídos en el marco de la CMNUCC y su Protocolo de Kioto, así como también ha manifestado su voluntad de llegar a un acuerdo jurídicamente vinculante para todas las partes que permita lograr el objetivo de no rebasar los 2°C de temperatura global.

En cuanto a las acciones ejecutadas, se destaca que nuestro país ha publicado tres estrategias nacionales de cambio climático,<sup>4</sup> ha adoptado dos programas especiales de cambio climático,<sup>5</sup> y ha presentado cinco comunicaciones nacionales con su respectivo Inventario Nacional de Emisiones de GEI ante la CMNUCC; por su parte, en materia legislativa expidió en 2012 la Ley General de Cambio Climático (LGCC), posicionando a México como el primer país en desarrollo en promulgar una ley nacional sobre la materia.

De igual manera, se subraya que para dar continuidad al compromiso asumido ante la CMNUCC, y para contribuir al acuerdo global que se espera lograr en la CoP21, México nuevamente fue el primer país en desarrollo en presentar su contribución prevista y determinada a nivel nacional (INDC) durante el primer semestre de 2015.

<sup>3</sup> Un gigagramo es equivalente a mil toneladas.

<sup>4</sup> Estrategia Nacional de Acción Climática (2000), Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007), y Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40 (2013).

<sup>5</sup> Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, y Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018.



### A. *Compromiso nacional en materia de reducción de emisiones de GEI*

De acuerdo con el artículo segundo transitorio de la LGCC, México estableció el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir el 30% sus emisiones de GEI para 2020 con respecto a la línea base, así como un 50% para 2050 sobre lo emitido en 2000; no obstante, este compromiso porcentual es condicionado al apoyo económico y tecnológico que reciba nuestro país por parte de los países desarrollados con base en el régimen internacional adoptado en materia de cambio climático. Por otro lado, cabe señalar que acorde a esta meta y al título cuarto, capítulo III, de la LGCC, se estipuló en el artículo tercero transitorio la promoción de la generación eléctrica mediante fuentes de energía limpias en por lo menos un 35% para 2024, lo que constituye un componente esencial para alcanzar los objetivos mencionados.

Vinculado a lo anterior, y en paralelo con la Cumbre del Clima, celebrada en París en diciembre de 2015, se promulgó la Ley de Transición Energética, cuyo objetivo, de acuerdo con su artículo 1, es “...regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica...”; para ello, la Sener fijará como meta una participación gradual, y “mínima” de “energías limpias” en la generación de energía eléctrica del 25% para 2018, 30% para 2021 y 35% para 2024;<sup>6</sup> al respecto, cabe apuntar que la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), que ha sido abrogada, extendía las metas graduales hasta 2050 con el 50% de la participación de las “energías renovables” en la generación de electricidad; no obstante, se establecía como una meta máxima.<sup>7</sup>

Asimismo, en la nueva Ley se establece una diferencia importante entre *energías limpias* y *energías renovables*, entendidas las primeras como

Aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan.<sup>8</sup>

Mientras que las segundas se definen como:

Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el

<sup>6</sup> Véase artículo tercero transitorio.

<sup>7</sup> Véase artículo segundo transitorio.

<sup>8</sup> El artículo 3, fracción XV, de la Ley de Transición Energética, remite al artículo 3, fracción XXII, de la Ley de la Industria Eléctrica.

ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes.<sup>9</sup>

### B. *Compromiso internacional en materia de reducción de emisiones de GEI*

En materia de mitigación, la INDC señala el actual compromiso internacional asumido por el gobierno mexicano, cuya elaboración tomó en cuenta el marco legal e institucional vigente contemplado en la LGCC, la Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40, el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, entre otros, así como la última actualización del INEGEI.

En la INDC presentada por México, el componente de mitigación contempla dos tipos de medidas: no condicionadas y condicionadas; las primeras son las que el país solventará con recursos financieros y tecnológicos propios, y las segundas son las que se podrán llevar a cabo si se establece un nuevo régimen internacional de cambio climático y si el país obtiene recursos adicionales y transferencia de tecnología disponibles mediante cooperación internacional.

De esta manera, México asumió el compromiso no condicionado de reducir el 25% sus emisiones de GEI y de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC)<sup>10</sup> al 2030, lo que implica

- A) Reducción del 22% en las emisiones directas de bióxido de carbono, metano, óxido nitroso y gases fluorocarbonados, con respecto a la línea base (año 2013).<sup>11</sup>
- B) Reducción del 51% de emisiones de partículas de carbono negro, cuyo potencial de calentamiento global en el corto plazo es de hasta 3,200 veces superior al CO<sub>2</sub>.

Es importante señalar que la inclusión de los CCVC atiende a las disposiciones del título cuarto, capítulo III, de la LGCC, que obligan a privile-

<sup>9</sup> Véase artículo 3, fracción XVI, de la Ley de Transición Energética.

<sup>10</sup> Los CCVC tienen un importante potencial de calentamiento global y un tiempo de vida en la atmósfera más corto que el CO<sub>2</sub>. Los principales son: el carbono negro, el metano, el ozono troposférico y algunos hidrofluorocarbonos.

<sup>11</sup> Línea base: Escenario “Business As Usual” de proyección de emisiones basadas en un crecimiento económico en la ausencia de políticas de cambio climático, iniciando en 2013 (primer año de ejecución de la LGCC).

giar las acciones de mitigación con mayor potencial de reducción al menor costo, y que a su vez propicien cobeneficios de salud y bienestar para la población mexicana.

Además de que para evitar el incremento de la temperatura global por encima de los 2°C es necesario, no sólo ejecutar acciones de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a largo plazo, sino también otras acciones que contribuyan simultáneamente a la mitigación del cambio climático en el corto plazo, como lo es la reducción de los CCVC, cuya atenuación tiene la ventaja adicional de que puede generar una rápida desaceleración del calentamiento global y una mejora inmediata de la calidad del aire con efectos positivos en la salud pública y la conservación de los ecosistemas (ENCC Visión 10-20-40: 10 y 11; PECC 2014-2018: 18-20).

A su vez, cabe destacar que el compromiso no condicionado implica asimismo iniciar la descarbonización de la economía a partir de 2026, año en el que se estima que México alcance su pico máximo de emisiones.

En lo que respecta al compromiso condicionado adoptado por nuestro país, éste consiste en la reducción del 40% en caso de que se lleguen a acuerdos positivos en la CoP 21 de París para ampliar la cooperación en los ámbitos financiero y tecnológico, lo que implicará la posibilidad de incrementar las reducciones de GEI en hasta un 36% y 70% las del carbono negro para 2030.

La INDC de México es ambiciosa, al plantear metas de carácter obligatorio y no aspiracionales; ello, a pesar de ser un país en desarrollo con emisiones de GEI marginales, no obstante con una alta vulnerabilidad ante los impactos negativos del cambio climático. De ahí la importancia de actuar en nuestro beneficio.

En términos generales, los compromisos asumidos por nuestro país resultan coherentes con los objetivos internacionales en materia de cambio climático y la urgente transición hacia un crecimiento económico bajo en carbono; sin embargo, la manera en que serán alcanzados los porcentajes de reducción de emisiones no es del todo clara, sobre todo ante una reciente reforma energética que contempla acciones que no sustentan tales compromisos.

#### IV. LA REFORMA ENERGÉTICA Y LOS COMPROMISOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

En materia de energía, el 20 de diciembre de 2013 fue publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el decreto por el cual se reformaron y adicionaron diver-

sas disposiciones a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, concretamente los artículos 25, 27 y 28; posteriormente, en una acción jurídica integral, el 11 de agosto de 2014 se expidieron y modificaron diversas leyes, constituyendo en su conjunto la denominada Reforma Energética, la cual representa el motor de la economía y busca la satisfacción de la creciente demanda energética, mediante la desafortunada continuidad del modelo energético extractivo, insostenible y ambientalmente perjudicial.

Efectivamente, el consumo energético de 2002 a 2012 tuvo un incremento del 2% anual, mientras que las emisiones por consumo de combustibles crecieron 2.7%, cuyos datos están relacionados, debido a que el 92.1% del consumo nacional de energía provino de combustibles fósiles (Balance Nacional de Energía 2012, 2013: 45); y de acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, se prevé un incremento promedio anual de 4.5% en el consumo de energía eléctrica, lo que implicará a su vez una fuerte inversión económica, así como un probable aumento de emisiones de GEI (Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, 2013: 27).

Al respecto, el PECC 2014-2018 señala que la reciente reforma energética aumentará la producción de hidrocarburos e incrementará las emisiones futuras de las industrias de petróleo, gas y generación eléctrica, al mantener la prioridad y dependencia de combustibles fósiles y fomentar la extracción de hidrocarburos, lo cual va en contra de la política climática del país y es incongruente con los compromisos en materia de reducción de emisiones de GEI.

Lo anterior se evidencia en la Ley de Hidrocarburos y en la Ley de la Industria Eléctrica, que prevén incrementar el aprovechamiento de recursos no renovables e incentivar la extracción de gas de esquisto o *shale gas*, mediante fractura hidráulica (*fracking*), con las implicaciones ambientales, económicas y sociales que esto conlleva (Wood *et al.*, 2011; Lechtenböhmer *et al.*, 2011; Lloyd-Smith y Senjen, 2011).

Actualmente se tienen identificadas reservas de aceite y gas de esquisto en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Veracruz, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, cuyos recursos técnicamente recuperables, según estimaciones de Pemex, varían entre los 150 y 459 billones de pies cúbicos; sin embargo, la Energy Information Administration (EIA) de Estados Unidos calcula 545 billones de pies cúbicos de gas y 13 billones de barriles de aceite (Semarnat, 2015: 5). El contemplar estos yacimientos marca la ruta hacia el fortalecimiento de la dependencia a la explotación y aprovechamiento de recursos no renovables en la actual reforma energética.

### 1. *Impactos atmosféricos de la explotación del gas de esquisto por fractura hidráulica*

El proceso de extracción por fractura hidráulica, si no es realizado bajo estrictas condiciones de protección ambiental y de derechos humanos, puede provocar graves impactos socioambientales y económicos, entre los que se destacan la disminución de la disponibilidad del agua en ecosistemas y para uso y consumo humano, la contaminación de acuíferos (Stickley, 2012), contribución al calentamiento global, contaminación de suelos (Wiseman y Gradijan, 2011), contaminación atmosférica, afectación a la infraestructura carretera y habitacional, así como pérdida de la biodiversidad (Semarnat, 2015: 7; Lechtenböhrmer *et al.*, 2011).

La explotación del gas de lutitas (gas de esquisto o *shale gas*) mediante fractura hidráulica puede contribuir a la aceleración del cambio climático debido a las emisiones de gas metano, carbón negro y bióxido de carbono que se produzcan por las ineficiencias en la extracción, procesamiento, almacenamiento, traslado y distribución (Semarnat, 2015: 8).

El componente principal del gas de esquisto es el metano, que es un contaminante climático de vida corta, y su efecto potencial en el calentamiento global es 34 veces más que el del CO<sub>2</sub> a lo largo de un periodo de cien años; sin embargo, a corto plazo (veinte años) es 86 veces superior (IPCC, 2013a); aspecto determinante en el tema del *fracking*, debido a que el metano se filtra durante todo el ciclo de vida del gas de esquisto.

Ahora bien, la huella de GEI de la combustión del gas de esquisto en comparación con la del carbón se estima que en un horizonte de veinte años podría ser al menos un 20% mayor, e igualable con más de cien años, y frente a la quema de petróleo, se calcula que a veinte años sería por lo menos un 50% superior, mientras que en la escala de tiempo de cien años podría ser similar o un 35% mayor (Howarth *et al.*, 2011).

Aunado a lo anterior, cabe destacar que la explotación del gas de esquisto, particularmente por *fracking*, expone a la atmósfera a emisiones que no son captadas a causa de fugas y filtraciones. Estudios estiman que en la producción de dicho gas se escapa metano del 3.6% al 7.9% durante la vida útil de un pozo (Howarth *et al.*, 2011). Por otro lado, la extracción del gas de lutitas puede generar otras emisiones de otros contaminantes (dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles) por el uso de camiones y equipos de perforación (se realizan aproximadamente mil viajes), produciendo *smog* y contaminación del aire con graves perjuicios a la salud.

En Estados Unidos, donde la fractura hidráulica ha sido utilizada de manera extensiva, se estima que en general el 30% de las emisiones de metano provienen de ineficiencias propias de los métodos de extracción (Alianza Mexicana contra el Fracking, 2013: 4). Al respecto, diversos estudios (Lechtenböhmer *et al.*, 2011) exponen los peligros vinculados a las fugas de metano en los pozos de gas de esquisto y que van directo a la atmósfera. Entre las investigaciones se destaca el informe elaborado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), que alerta de grandes fugas en los yacimientos de Estados Unidos. En concreto, se citan datos recogidos en la cuenca de Uinta, situada en Utah, donde las fugas de metano han alcanzado hasta el 9% de la producción total.

Otra investigación llevada a cabo en la cuenca Denver-Julesburg, en el estado de Colorado, liderada por el científico Gabrielle Petron, miembro también de la NOAA, estima que durante 2008 la tasa de fuga de gas metano en la zona analizada multiplicó por dos los porcentajes advertidos por las distintas agencias estadounidenses. En este sentido, los datos de la NOAA representan sólo una pequeña muestra de una imagen mucho más grande (Tollefson, 2013).

Por su parte, un estudio distinto en el que se realizó un análisis exhaustivo de las emisiones atmosféricas asociadas con el gas de esquisto y la producción de petróleo en el área de Barnett Shale concluyó que las emisiones pueden ser un importante contribuyente a la liberación de GEI y la formación de *smog* en la ciudad de Fort Worth en la zona metropolitana de Dallas, comparable a las emisiones combinadas de todos los coches, camiones y aviones de la región, afectando la calidad de aire local (SMU, 2009).

Las experiencias y análisis sobre la explotación del gas de esquisto en Estados Unidos indican que este gas se encuentra lejos de convertirse en una fuente alternativa de energía sostenible, económica, ambiental y socialmente viable, además de que se han producido numerosos conflictos socioambientales desencadenados por los impactos asociados a esta actividad (Lechtenböhmer *et al.*, 2011).

Por otro lado, el *Informe sobre las repercusiones medioambientales de la extracción de gas y petróleo de esquisto* presentado en 2012 por el Parlamento Europeo considera que el uso de este gas y otros combustibles fósiles debe ser coherente con el objetivo de la CMNUCC establecido en el artículo 2o., el cual es lograr “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”, subrayando que un recurso excesivo a infraestructuras de combustibles fósiles, como el gas de esquisto, podría hacer inalcanzable esta meta.

De igual manera, el *Informe* pone de manifiesto que el incremento de la exploración y producción de gas de esquisto a nivel mundial conducirá a un aumento de las emisiones fugitivas de metano y contribuirá al calentamiento global, vulnerando el compromiso internacional adoptado en el Acuerdo de Copenhague de mantener el máximo de la temperatura global por debajo de los 2°C en lo que queda de siglo, por lo que sugiere que las lecciones mostradas en diversos estudios sobre la explotación de gas de esquisto sean tomadas en cuenta, y se requiera un análisis exhaustivo de todas las repercusiones sociales y ambientales antes de que esta tecnología se siga desarrollando e implementado, sobre todo en países en desarrollo; por lo tanto, apelan al principio de precaución.

En concordancia con lo anterior, cabe destacar que ante los riesgos presentes en toda la cadena de actividades que conlleva la técnica de explotación del gas de esquisto por *fracking*, ésta ha sido prohibida en Francia desde junio de 2011; en Bulgaria, desde enero de 2012; en España, las comunidades de Cantabria y La Rioja la prohibieron en 2012 y 2013, respectivamente; en Canadá, la provincia de Quebec desde 2011; en Alemania, desde mayo de 2012 se detuvo temporalmente su implementación; en Suiza se ha declarado una moratoria nacional, entre otros (Alianza Mexicana contra el *Fracking*, 2013: 7-9).

Al contrario de lo anterior, en México la explotación del gas de esquisto es presentada en la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 y en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 como la alternativa necesaria para una transición hacia fuentes de generación de energía más limpias y sustentables, en vez de fortalecer el compromiso respecto a la generación de energías renovables, en congruencia con la INDC asumida en materia de mitigación de GEI frente a la comunidad internacional.

Esta situación es desconcertante, pues el gas de esquisto, incluso si se extrae del mejor pozo fracturado, es un combustible fósil nocivo para el clima, y no puede ser considerado como pieza clave en la transición hacia economías bajas en carbono (Howarth *et al.*, 2011); sin embargo, como se aprecia, las proyecciones sugieren que será usado junto a otros combustibles fósiles para satisfacer la creciente demanda energética, la cual probablemente aumentará al fomentar la explotación del gas de esquisto como un recurso adicional, e implicará desviar recursos económicos que deberían dirigirse al desarrollo de energías renovables y tecnologías libres de carbono que no contribuyan al calentamiento global o generen más impactos negativos al ambiente (Tyndall Centre, 2011).



## 2. *Las energías renovables y la transición energética*

México debe afrontar de manera sincrónica dos temas prioritarios: la creciente demanda energética y el cambio climático, cuyas metas deben ser integrales, para lo cual es preciso concentrar esfuerzos en el desarrollo de energías renovables y no apostar por la continua dependencia de un modelo energético basado en fuentes fósiles, en la lógica de que es la principal fuente de emisiones de GEI.

Efectivamente, a diferencia de la generación de electricidad a través de combustibles fósiles, la producida con fuentes renovables tiene como característica principal la no emisión de GEI, de ahí que sean un componente esencial para enfrentar a los impactos negativos del cambio climático, y por lo tanto, atender los compromisos asumidos por nuestro país en materia de mitigación de GEI.

Las energías renovables, si bien han incrementado su participación en el sector energético, ésta no ha sido suficiente, a pesar del inmenso potencial que tiene nuestro país para su implementación.

El Inventario Nacional de Energías Renovables (INER) desarrollado por la Secretaría de Energía (SENER) muestra que durante 2014 el mayor potencial probado para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía (es decir, aquel que cuenta con estudios técnicos y económicos que comprueban la factibilidad de su aprovechamiento) se encuentra en la energía eólica, seguido por la energía hidráulica en pequeña escala y geotérmica, y, por último, con un potencial prácticamente igual, la energía proveniente de la biomasa y la energía solar. Por otro lado, el mayor potencial probable identificado, es decir, aquel que ya cuenta con estudios de campo, pero por sí solos no son suficientes para comprobar su factibilidad técnica y económica, corresponde al aprovechamiento de los recursos geotérmicos. Por último, el mayor potencial posible identificado, es decir, el potencial teórico, para el cual no existen ni estudios de campo u otros que permitan comprobar su factibilidad técnica y económica, ambiental y social, se encuentra en la energía solar y eólica, seguidos por los recursos geotérmicos y de la biomasa (Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, 2014).

### POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON FUENTES RENOVABLES (GWH)

<i>Recursos</i>	<i>Geotérmica</i>	<i>Minihidráulica</i>	<i>Eólica</i>	<i>Solar</i>	<i>Biomasa</i>
Posible	78,799	—	87,600	6,500.000	11,485
Probable	60,286	23,028		—	391
Probado	892	2,378	10,513	843	592

FUENTE: Inventario Nacional de Energías Renovables, 2014.

En total existe un potencial probado para generar hasta 15,218 (Gwh/año) de electricidad con energías renovables, cuyo potencial se incrementa con las estimaciones probables.

Esta potencialidad se debe a las grandes ventajas geográficas, a la abundancia de recursos y a las condiciones climáticas favorables con las que cuenta el país, pues basta señalar que contamos con altos niveles de insolación en un 70% del territorio nacional,<sup>12</sup> alta intensidad de vientos en áreas específicas,<sup>13</sup> ocupamos el 4o. lugar a nivel mundial en potencial geotérmico; además, contamos con grandes volúmenes de subproductos y/o residuos agrícolas (CIDAC, 2013: 12); sin embargo, del potencial estimado para 2020 sólo se aprovecha el 5% en energía eólica, el 10% en geotérmica, 2% en minihidráulicas, 0.25% en solar y 1% en biomasa (Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, 2013, CIDAC, 2013).

Por otro lado, cabe señalar que en cuanto a capacidad instalada de generación eléctrica basada en energías renovables, incluyendo a las grandes hidroeléctricas, nuestro país contó con 16,070 MW a finales de 2014, y se estima que para 2028 se incremente en 19,761 MW, de los cuales se espera que las fuentes de energía eólica e hidráulica tengan la mayor participa-

<sup>12</sup> México está ubicado en el cinturón solar de la tierra. El país tiene una alta incidencia de energía solar en la gran mayoría de su territorio. Se estima que el potencial de irradiación media anual es de 5kWh/m<sup>2</sup> por día, y tiene un potencial de generación de 6,500,000 GWh al año, lo que equivale a aproximadamente 27.7 veces el consumo total de electricidad de México del 2012. Sin embargo, este potencial no se ha aprovechado ampliamente (Lozano, 2014: 20). Véase Karunakaran, 2010: 141-156; Fernández y Gamboa, 2010: 157-170.

<sup>13</sup> Las regiones con la mayor capacidad de generación de energía eólica son el istmo de Tehuantepec (Oaxaca), La Rumorosa (Baja California), la costa del Golfo de México en los estados de Tamaulipas y Veracruz, en la región norte y centro los estados de Nuevo León, San Luis Potosí y Coahuila, y otra de las zonas con potencial eólico es la península de Yucatán, ya que cuenta con excelentes corrientes de viento en la costa de Quintana Roo y en la isla de Cozumel (Lozano, 2014: 19).

ción, con 59% y 21%, respectivamente (Prospectiva de Energías Renovables 2014-2028, 2014).

Aprovechar el abundante potencial de los recursos renovables permitirá reducir de forma sustancial la dependencia de las fuentes fósiles, alcanzar las metas comprometidas en materia de reducción de emisiones nacionales e internacionales, generar una transición energética sólida y eficiente que satisfaga la creciente demanda del sector, la cual, de acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 aumentará en promedio 4.5% anual hasta 2027.

Desde el punto de vista económico, las energías renovables ofrecen importantes oportunidades de crecimiento frente a las fuentes energéticas fósiles, lo cual es otro factor a considerar para impulsar su participación en la matriz energética.

Lo anterior se refleja en un análisis elaborado por iniciativa de Pricewaterhouse Coopers (PwC), el cual, mediante un estudio comparativo entre tres escenarios, destaca los beneficios no sólo ambientales, sino también económicos y sociales, según el grado de participación de las energías renovables en México para 2018.

Primer supuesto: en el escenario actual, es decir, con poco impulso y aprovechamiento de las energías renovables con una capacidad instalada menor a 18,000 MW, se incrementaría el PIB en 98,000 millones de pesos, equivalente al 1% del PIB alcanzado en 2011, se crearían 84,000 empleos, se mitigarían siete millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>), y la producción eléctrica con energías renovables se estimaría en 21%.

Segundo supuesto: en un escenario con una capacidad instalada superior a los 18,000 MW, se generaría un incremento del PIB de 233,000 millones de pesos, equivalente al 2% del PIB del 2011; en cuanto a la generación de empleos, ésta podría ascender a los 147,000, se mitigarían 21 MtCO<sub>2</sub>, y la participación de las energías renovables en la producción eléctrica alcanzaría el 29%.

Tercer supuesto: en un escenario ambicioso y necesario para alcanzar los objetivos de mitigación de emisiones de GEI, con una capacidad instalada de energías renovables de aproximadamente 29,000 MW, se incrementaría el PIB hasta 504,000 millones de pesos, equivalente al 3.5% del PIB de 2011, se generarían 246,000 empleos, la reducción de emisiones alcanzaría hasta las 30MtCO<sub>2</sub>, y el 35% de la producción de la matriz eléctrica procedería de fuentes renovables.

Como se aprecia, este último escenario genera importantes beneficios económicos; sin embargo, para que México lo alcance requerirá de finan-

ciación internacional, lo cual será un punto importante a negociar en la próxima COP21/CMP11, ya que, aun cuando los costos de la implementación de las energías renovables se han reducido de una manera drástica como resultado de su impulso en países desarrollados, el apoyo económico internacional para su construcción y mantenimiento en las economías emergentes constituirá una pieza clave para su exitoso aprovechamiento encaminado a alcanzar los objetivos globales de descarbonización profunda.

Con relación al rendimiento económico que ofrece la inversión nacional e internacional en energías renovables, en el Informe *Energy Technology Perspectives 2015* presentado por la Agencia Internacional de Energía, se establece que por cada dólar invertido en dichas tecnologías se evitará gastar casi tres en combustibles fósiles para 2050, de ahí que se recomiende a los gobiernos triplicar las partidas presupuestarias para investigación y desarrollo (I+D) en tecnologías energéticas renovables y trabajar en estrecha colaboración con el sector privado.

De tal manera que el impulso y aprovechamiento de las energías renovables, además de ser un medio para limitar el aumento global de la temperatura por debajo de los 2°C y mejorar la seguridad y eficiencia energética, son económicamente competitivas frente a las fuentes fósiles. Un motivo más para incrementar su participación en la matriz energética.

Sin embargo, a pesar de lo señalado en este apartado, la reforma energética apuesta por la explotación de hidrocarburos,<sup>14</sup> impulsando el *fracking* como una técnica viable para la extracción del gas de esquisto, mermando el aumento del aprovechamiento de las energías renovables. Si bien la promulgación de la Ley de Energía Geotérmica es relevante, el avance es insuficiente, ya que en la reforma no se hace referencia de manera explícita a las demás fuentes renovables con las que cuenta nuestro país; además, es de señalar que en dicha Ley se enfatiza la prioridad hacia las fuentes fósiles, al establecer en su artículo 4o., que: “En el uso y aprovechamiento del subsuelo de los terrenos, las actividades de la industria de los hidrocarburos tienen preferencia sobre las actividades de la energía geotérmica”.

Lo que resulta incongruente con la ENCC Visión 10-20-40, constituida como un instrumento que rige y orienta a la política nacional hacia un crecimiento económico sostenible basado en el aumento del uso de las energías renovables, con el objetivo de sustituir a los combustibles fósiles.

---

<sup>14</sup> Se estima que para 2020 la generación proveniente del uso de combustibles fósiles estará compuesta en un 80% por el uso de gas natural —gas de esquisto—, 12% por uso de carbón, 7% por combustóleo y 1% por diesel (Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, 2013).

## V. CONCLUSIONES

En un contexto donde el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles es incompatible con las metas de mitigación de GEI internacionales y nacionales,<sup>15</sup> en nuestro país la reciente reforma energética mantiene y prioriza la participación de las fuentes fósiles sin considerar como eje rector el gran potencial de las energías renovables para satisfacer la creciente demanda energética.

Lo anterior, a pesar de que nuestro país es muy vulnerable a los efectos negativos del cambio climático, alertando sobre la obligada y urgente necesidad de un cambio sustancial en los sectores que generan un alto porcentaje de emisiones de GEI, tales como el energético, basado en fuentes fósiles, para lo cual era preciso una efectiva transición energética basada en un modelo bajo o nulo en emisiones mediante el aprovechamiento de las energías renovables y no en las llamadas limpias, en el contexto que apunta la reforma energética, pues más bien se refiere a fuentes no sustentables, como lo es el impulso de la explotación del gas natural —gas de esquisto— a través de la técnica de fractura hidráulica, que indudablemente no puede ser considerada como energía limpia, pues conlleva múltiples impactos ambientales, además de sociales y económicos.<sup>16</sup>

Ante tales consideraciones, la reforma energética resulta incoherente con la política climática nacional, debido a que las leyes secundarias que la sustentan no se ligan con las necesidades y metas de reducción de emisiones de GEI, lo que implica el riesgo de incumplir con los compromisos nacionales e internacionales asumidos, ya que al impulsar la continua explotación de hidrocarburos, las emisiones tenderán a la alza y nos desviarán del camino hacia una economía descarbonizada, a pesar de que en el artículo décimo séptimo del decreto por el cual se reformaron y adicionaron diversas disposiciones a la Constitución en materia de energía se estableció que “las adecuaciones al marco jurídico se realizarían para establecer las bases en las que el Estado procuraría la protección y cuidado del medio ambiente, en todos los procesos relacionados con la materia”.

---

<sup>15</sup> Si la comunidad internacional quiere lograr el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C para este siglo, no debe explotar un tercio de todas las reservas de petróleo, la mitad de las reservas de gas y más del 80% de las reservas de carbón, ya que las emisiones de GEI que produciría agotar dichas reservas se estiman tres veces superiores al límite calculado para no exceder la temperatura media global (McGlade y Ekins, 2015: 187-190).

<sup>16</sup> Cabe recordar que con base en el principio de precaución, el desarrollo de este tipo de proyectos no debe ejecutarse hasta no tener certeza y pruebas científicas de que no existirá un grave deterioro ambiental.

Por último, es de señalar que ante la incongruencia de la reforma energética con la política y la legislación en materia climática, se contravienen múltiples derechos humanos que se ven vulnerados ante los impactos negativos del cambio climático, tales como el derecho humano a un medio ambiente sano, el derecho a la vida, el derecho a la salud, entre otros. La tendencia por lo tanto es errónea, al no incorporar de manera transversal aspectos fundamentales y vinculantes.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- ALIANZA MEXICANA CONTRA EL *FRACKING* (2013), *Principales problemas identificados con la explotación de gas de esquisto por fractura hidráulica en México* (fracking), México.
- BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2012 (2013), México, Secretaría de Energía.
- BARTH, Jannette M. (2013), “The Economic Impact of Shale Gas Development on State and Local Economies: Benefits, Costs, and Uncertainties”, *New Solutions: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, vol. 23, 1.
- CENAPRED (2012), *Atlas Nacional de Riesgos*, México, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CIDAC (2013), *Renovando el futuro energético de México. Diagnóstico y propuestas para impulsar el desarrollo de las energías renovables en el país*, México, Centro de Investigación para el Desarrollo, A. C.
- CONEVAL (2013), *Informe de pobreza en México, 2012*, México, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.
- Contribución prevista y determinada a nivel nacional de México* (2015), México, Semarnat, [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/mexico\\_indc\\_espanolv2.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/mexico_indc_espanolv2.pdf).
- EASRL-GMD (2013), *CO<sub>2</sub> at NOAA's Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm*, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/news/7074.html>.
- EASRL-GMD (2015), Earth System Research Laboratory-Global Monitoring Division, *Mauna Loa CO<sub>2</sub> annual mean data*, <http://co2now.org/images/stories/data/co2-mlo-monthly-noaa-esrl.pdf>.
- ENCC Visión 10-20-40, *Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40, Diario Oficial de la Federación*, México, 3 de junio de 2013.
- Estrategia nacional de energía 2013-2027 (2013)*, México, Secretaría de Energía.

- FERNÁNDEZ, Arturo y GAMBOA, Sergio (2010), “La energía solar como combustible para mover al mundo”, *Energías Renovables, 25 años de la UNAM en Temixco*, México, UNAM, Centro de Investigación en Energía.
- GAY, Carlos (comp.) (2000), *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de vulnerabilidad del país*, México, Semarnap-UNAM-USCSP.
- GUTIÉRREZ, M. E. y ESPINOSA, T. (eds.) (2010), *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica*, Washington, D. C., Banco Interamericano de Desarrollo.
- HÖHNE, Niklas *et al.* (2014), *Documento de debate. Contribuciones previstas determinadas a nivel nacional en el marco de la CMNUCC*, ECOFYS.
- HOWARTH *et al.* (2011), “Methane and the Greenhouse-Gas Footprint of Natural gas from Shale Formations”, *Climatic Change Letter*, <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-011-0061-5>
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2015), *Energy Technology Perspectives 2015. Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action*, International Energy Agency (IEA).
- IPCC (2013a), en Stocker, T. F. *et al.* (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, United Kingdom and Nueva York, Cambridge University Press.
- (2013b), Resumen para responsables de políticas, en Stocker, T. F. *et al.* (eds.), *Cambio climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (2014a), Resumen para responsables de políticas, en Edenhofer, O. *et al.* (eds.), *Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (2014b), Resumen para responsables de políticas, en FIELD, C. B. *et al.* (eds.), *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Ginebra, Organización Meteorológica Mundial.
- KARUNAKARAN, Nair (2010), “El sol, nuestra prosperidad”, *Energías Renovables, 25 Años de la UNAM en Temixco*, México, UNAM, Centro de Investigación en Energía.



- LECHTENBÖHMER, Steffen *et al.* (2011), *Repercusiones de la extracción de gas y petróleo de esquisto en el medio ambiente y la salud humana*, Parlamento Europeo, 15 de junio.
- LLOYD-SMITH, Mariann y SENJEN, Rye (2011), *Hydraulic Fracturing in Coal Seam Gas Mining: the Risks to our Health, Communities, Environment and Climate*, Australia, National Toxics Network, <http://ntn.org.au/wp/wp-content/uploads/2012/04/NTN-CSG-Report-Sep-2011.pdf>.
- LOZANO, Wendy Lorena (2014), *Energías renovables*, México, ProMéxico.
- MARTÍNEZ, Julia y FERNÁNDEZ, Adrián (comps.) (2004), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología.
- MCGLADE, Christophe y EKINS, Paul (2015), “The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused when Limiting Global Warming to 2°C”, *Nature*, vol. 517, 8 January.
- MORENO, Ana Rosa y URBINA, Javier (2008), *Impactos sociales del cambio climático en México*, México, Instituto Nacional de Ecología.
- PARLAMENTO EUROPEO (2012), *Informe sobre las repercusiones medioambientales de la extracción de gas y petróleo de esquisto* (2011/2308(INI)).
- PECC 2009-2012, *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*, *Diario Oficial de la Federación*, México, 28 de agosto de 2009.
- PECC 2014-2018, *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*, *Diario Oficial de la Federación*, México, 28 de abril de 2014.
- PICIRCA (2012), *Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World must be Avoided*, Washington, D. C., Potsdam Institute for Climate Impact Research y Climate Analytics-The World Bank.
- Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018*, *Diario Oficial de la Federación*, México, 20 de mayo de 2013.
- Programa especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*, *Diario Oficial de la Federación*, México, 28 de abril de 2014.
- Prospectiva de energías renovables 2014-2028* (2014), México, Secretaría de Energía.
- Prospectiva del sector eléctrico 2013-2027* (2013), México, Secretaría de Energía.
- PWC (2013), *Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018. Propuesta de escenarios y acciones necesarias para su desarrollo*, Pricewaterhouse Coopers, Climate Works Foundation, Iniciativa Mexicana para las Energías Renovables (IMERE) y World Wildlife Fund (WWF).

- Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (2012), México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- SACHS, Jeffrey TUBIANA, Laurence (2014), *Pathways to Deep Decarbonization 2014 Report*, Sustainable Development Solutions Network (SDSN)-Institute for Sustainable Development and International Relations (IDDRI).
- SEMARNAT (2015), *Guía de Criterios Ambientales para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos contenidos en Lutitas*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SMU (2009), *Oil and Gas Production a Major Source of Dallas-Fort Worth smog*, Southern Methodist University (SMU), <http://www.smu.edu/News/2009/armendariz-dmn-11feb2009>.
- STICKLEY, Dennis C. (2012), “Expanding Best Practice: The Conundrum of Hydraulic Fracturing”, *Wyoming Law Review*, vol. 12, 2.
- TOLLEFSON, Jeff (2013), “Methane Leaks Erode Green Credentials of Natural Gas”, *Nature*, vol. 493, 3 January.
- TYNDALL CENTRE (2011), *Gas de pizarra: una evaluación provisional de su impacto en el medio ambiente y el cambio climático*, Manchester, Universidad de Manchester, <http://fracturahidraulicano.files.wordpress.com/2011/07/resumen-ejecutivo-tyndall-centre.pdf>.
- WISEMAN, Hannah Jacobs y GRADIJAN, Francis (2011), “Regulation of Shale Gas Development, Including Hydraulic Fracturing”, *University of Tulsa Legal Studies Research Paper*, núm. 2011-11, October.
- WOOD, Ruth *et al.* (2011), *Shale Gas: a Provisional Assessment of Climate Change and Environmental Impacts*, Manchester, Tyndall Centre, University of Manchester.