MÉXICO

Sexta Comunicación Nacional y Segundo Reporte Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

MÉXICO

Sexta Comunicación Nacional y Segundo Reporte Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

2018

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

Secretarías participantes:

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
Secretaría de Educación (SEP)
Secretaría de Economía (SE)
Secretaría de Energía (SENER)
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)
Secretaría de Gobernación (SEGOB)
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
Secretaría de Marina (SEMAR)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)
Secretaría de Salud (SALUD)
Secretaría de Turismo (SECTUR)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

MÉXICO

Sexta Comunicación Nacional y Segundo Reporte Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

2018

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

gef GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones

Sexta Comunicación Nacional y Segundo Reporte Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Primera edición: 2018

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Av. Ejército Nacional 223, Col. Anáhuac,
Ciudad de México, C.P. 11320
www.semarnat.gob.mx

D.R. © Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña,
Ciudad de México, C.P. 14210
www.gob.mx/inecc

Coordinación editorial: Gerardo Mendiola Patiño y Berta Helena de Buen Richkarday
Corrección: Enrique Martínez Limón y Norma Fernández Guerrero
Diseño de portada: Rocío Mireles, Bruno Contreras
Formación: Bruno Contreras, Gabriel González, Braulio Morales y Fernando Villafán
Foto de portada: Pexels LD

Impreso y hecho en México / Printed and made in Mexico

Índice

Índice 5
Prólogo 7
Introducción 9
Resumen ejecutivo 11
Executive Summary 19

1 Circunstancias nacionales y arreglos institucionales 27
1.1 Circunstancias nacionales 29
1.2 Arreglos institucionales 65
1.3 Evaluación de la política nacional de Cambio Climático 81

2 Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero 97
2.1 Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 99
2.2 Forzantes climáticos de vida corta en México 181

3 Políticas y medidas de mitigación 207
3.1 Políticas y acciones de mitigación sectorial 209
3.2 Potencial de los mares para la mitigación del cambio climático 311

4 Economía del cambio climático y crecimiento verde 333
4.1 Economía del cambio climático 335
4.2 Crecimiento verde 361

5 Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático 427
5.1 Adaptación al cambio climático 429
5.2 Vulnerabilidad al cambio climático 465

6 Financiamiento, tecnología y capacidades 553
6.1 Financiamiento climático en México 2012-2018 555
6.2 Tecnología 571
6.3 Capacidades nacionales en materia de cambio climático 585

7 Investigación, educación, formación y sensibilización del público 603
7.1 Investigación sobre el cambio climático en México 605
7.2 Educación, formación y sensibilización del público 611

Anexo IBA2 623
Segundo Informe Bienal de Actualización 625

Compuestos, unidades y prefijos 737
Índice de figuras, tablas y cuadros 739

Prólogo

México se complace en presentar su *Sexta Comunicación Nacional* y su *Segundo Informe Bienal de Actualización* a las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y con ello dar cumplimiento a los compromisos asumidos por el país ante la comunidad internacional y ante la sociedad mexicana para hacer frente a este fenómeno global.

El gobierno de la República ha asumido, con responsabilidad y decisión, el reto que implica la atención al cambio climático. Ha sentado las bases para transitar hacia un modelo de desarrollo sustentable, con una economía resiliente y baja en carbono, mediante un marco regulatorio e institucional que permitirá reducir las emisiones y seguir una estrategia de adaptación a los efectos del cambio climático con el concurso de los tres órdenes de gobierno, del Poder Legislativo y de la sociedad en su conjunto.

En el ámbito internacional, México ha jugado un papel muy importante en el régimen climático multilateral, en particular durante las negociaciones hacia el Acuerdo de París, y ha establecido compromisos y metas ambiciosas para mitigar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y para generar condiciones que faciliten la adaptación a los efectos del cambio climático, con un enfoque transversal, de derechos humanos y equidad de género, e intergeneracional. La contribución nacionalmente determinada (CND) suscrita en 2015 como parte de dicho Acuerdo ha sido incorporada a la Ley General de Cambio Climático, lo que demuestra la convicción y el compromiso del país por continuar con los esfuerzos para mitigar los impactos del fenómeno.

La *Sexta Comunicación Nacional* muestra los avances logrados en México desde la presentación de su versión inmediata anterior en 2012, y el *Segundo Informe Bienal de Actualización* que pone al día la información presentada en 2015. Ambos documentos ofrecen información para conocer y evaluar las acciones, medidas y políticas que se desarrollan en el país, así como para promover sinergias entre sectores e identificar fortalezas y debilidades para atender en los próximos años, y reflejan el trabajo trabajo realizado por las dependencias federales, estatales y municipales, por los distintos sectores de la sociedad mexicana, así como por las instituciones académicas y organizaciones públicas y privadas más importantes del país, y la sociedad civil en general.

En nombre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, agradezco el apoyo de las dependencias, instituciones y organizaciones nacionales, y de las agencias y organismos internacionales, así como de las personas que aportaron tiempo, conocimientos y experiencia para la elaboración de estos documentos.

Reitero el compromiso del gobierno federal de continuar la búsqueda de soluciones para mitigar el cambio climático global y avanzar con la instrumentación de éstas, para lograr el bien común y el pleno desarrollo de las generaciones presentes y futuras.

Rafael Pacchiano Alamán
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Introducción

México es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) desde 1994. A partir de entonces, y hasta la fecha, nuestro país ha presentado cinco Comunicaciones Nacionales ante dicha Convención (1997, 2001, 2006, 2010, 2012), y ahora, en 2018, la *Sexta Comunicación*. Ésta tiene por objetivo proporcionar una visión general y actualizada de los efectos y las perspectivas del cambio climático en México, así como de las acciones realizadas en el país para disminuir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y para adaptarse a este fenómeno, particularmente durante los seis últimos años.

En este documento se describen, de manera general, las circunstancias nacionales que inciden en la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo: principales características naturales y socioeconómicas del país, así como de los sectores con mayor participación en la generación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, arreglos institucionales y políticas públicas instrumentadas en materia de cambio climático de 2012 a la fecha.

Se presenta el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero* (INEGYCEI) actualizado a 2015 con las últimas metodologías (2006) recomendadas por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), así como las políticas y medidas de mitigación que se han instrumentado y que podrían llevarse a cabo para aumentar la mitigación de emisiones en los próximos años. Asimismo, se incluye en esta comunicación *el Segundo Informe Bienal de Actualización* (IBA2), que da cuenta de las acciones de mitigación que se han desarrollado en el país, en cada uno de los sectores, desde que se presentó el informe anterior en 2015.

En materia de adaptación se describen las acciones realizadas por las distintas dependencias de la administración pública federal, así como por los estados, municipios, organizaciones y comunidades. Para garantizar la construcción de medidas de adaptación de abajo hacia arriba, se trabajó con enfoque de género y se fomentó la participación social activa de las comunidades en su diseño, instrumentación y apropiación, con lo que se logró fortalecer la resiliencia comunitaria.

También se presenta el *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* (ANVCC) como un instrumento de planeación y toma de decisiones a ser utilizado local y regionalmente para hacer frente a posibles impactos del cambio climático.

Por otra parte, se da cuenta de temas de desarrollo reciente en el país, como la evaluación de la política nacional de cambio climático; la estimación de los costos de la contribución nacionalmente determinada; el crecimiento verde y las ciudades sustentables; los forzantes climáticos de vida corta; y el carbono azul, que prometen convertirse en temas fundamentales para el diseño y la ejecución de acciones contra el cambio climático.

Para elaborar esta *Comunicación* se contó con la valiosa participación y apoyo de múltiples dependencias públicas, instituciones y organizaciones privadas, expertos, académicos y representantes de la sociedad civil. Para el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), este documento constituyó una oportunidad para hacer un ejercicio de transversalidad dentro del propio Instituto, y ser parte del trabajo desarrollado en numerosos talleres interinstitucionales e intersectoriales, cuidando siempre tener como base común la mejor ciencia disponible.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) acompañó permanentemente esta tarea a través de su oficina en el país, y administró eficientemente el apoyo económico otorgado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés), lo que hizo posible llevar a cabo todas las actividades necesarias para construir esta comunicación.

En el ámbito nacional y a escala global, la ciudadanía desea firmemente que los líderes y las instituciones se comprometan con el avance de una agenda climática ambiciosa que conduzca de manera consistente hacia la sustentabilidad del desarrollo, mediante la descarbonización de las economías, la restauración y protección de los recursos naturales, y el bienestar social.

La *Sexta Comunicación Nacional* cumple el doble objetivo de informar a la comunidad internacional sobre el avance de los compromisos adquiridos por México, a la vez que comunica a la nación información relevante e integrada sobre el amplio universo de aspectos del cambio climático en el país. Esperamos sea de utilidad para todos los interesados en el tema, y sirva como referencia a quienes quieren conocer la situación en México de este problema, que acompañará la vida de varias generaciones durante el siglo en curso.

María Amparo Martínez Arroyo
Directora General
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Resumen ejecutivo

México está comprometido con la comunidad internacional en la lucha frente al cambio climático y ha instrumentado un enfoque pragmático, que a la par de reducir emisiones y tomar medidas para disminuir la vulnerabilidad de la población, los ecosistemas y la infraestructura, da continuidad a actividades necesarias para el desarrollo nacional y la creación de empleos.

El cambio climático es un desafío que requiere la acción colectiva de la sociedad, de las empresas y de los gobiernos. En esta *Sexta Comunicación Nacional,* y en el *Segundo Informe Bienal de Actualización* (IBA2, o BUR2, por sus siglas en inglés), se describen las numerosas acciones de mitigación y adaptación que se han llevado a cabo en el país desde la presentación de la *Quinta Comunicación Nacional* en 2012 y desde el *Primer Informe Bienal de Actualización* en 2015.

Con este informe, el país cumple con el compromiso asumido con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y con la sociedad mexicana de informar sobre los avances del país en esta materia.

1. Circunstancias nacionales y arreglos institucionales

México forma parte de Norteamérica y está ubicado entre los meridianos 118°22’00” y 86°42’36” de longitud Oeste, y entre las latitudes 14°32’27” y 32°43’06” Norte. Por su ubicación geográfica, la porción sur del país se localiza en la zona intertropical y la porción norte en la zona templada del planeta.

La superficie continental es de 1.96 millones de km², con lo que se ubica en el mundo como el decimotercer país más extenso. Su perímetro está compuesto por una línea de costa de 11,122 km al sur, este y oeste, y por las fronteras con Estados Unidos de América, al norte, y República de Guatemala y Belice, al sur. La altitud media del país es de 1,000 metros sobre el nivel del mar.

En 2016 tenía 122.3 millones de habitantes, 1.7% de la población mundial. El 51.2% de la población total eran mujeres, y 26 millones –21.5% de la población–, se consideraban indígenas de acuerdo con su cultura, historia y tradiciones, aunque sólo 7.9 millones (6.5%) hablaba alguna lengua indígena.

México es una república federal, representativa, democrática y laica, integrada por 32 entidades federativas: 31 estados libres y soberanos, y la Ciudad de México. Las entidades federativas, a su vez, se dividen en municipios libres, cada uno de ellos gobernado por un ayuntamiento; en el territorio nacional hay 2,457 municipios. Por su parte, la Ciudad de México está dividida en 16 demarcaciones territoriales.

Por la magnitud de su producto interno bruto (PIB), el país ocupó la decimosegunda posición entre las economías más grandes del mundo en 2017, con un PIB en paridad de poder adquisitivo de $2,344,197 millones de dólares internacionales, y en términos de PIB per cápita, alcanzó la posición 80 en el ámbito internacional.

El país produce alrededor de 1.4% de la energía del mundo y es el decimoquinto productor a escala global. Además, ocupa el decimotercer lugar como exportador de petróleo, con 2.8% de la producción mundial.

Las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), derivadas del uso y quema de combustibles fósiles, representaron, en 2015, 1.3% de las emisiones mundiales, lo cual coloca al país en el lugar 13 del orbe.

Por su posición geográfica en la parte sur del hemisferio norte, entre dos océanos, el país se ve afectado de manera particular por los impactos del cambio climático. Los escenarios de cambio climático que se estiman para el periodo 2015 a 2039, proyectan temperaturas anuales mayores hasta en 2°C en el norte del país, mientras que en la mayoría del territorio podrían oscilar entre 1 y 1.5°C. En el caso de la precipitación, se proyecta, en general, una disminución de entre el 10 y el 20%. Todo ello podría traer consecuencias económicas, sociales y ambientales muy importantes.

La respuesta a los desafíos que presenta el cambio climático ha producido un marco legal, normativo y de planeación de largo plazo plasmado en una *Ley General de Cambio Climático* (LGCC) que incluye las bases para el cumplimiento del Acuerdo de París, una *Estrategia nacional con visión a 10-20-40 años* (ENCC), una *Estrategia de medio siglo* (EMS) y en la creación de un *Sistema Nacional de Cambio Climático*, arreglo institucional crucial en la materia, que involucra a los tres órdenes de gobierno, al Poder Legislativo y a la sociedad civil.

Asimismo, se cuenta con el *Programa especial de cambio climático* 2014-2018 (PECC), que contiene cinco objetivos, 26 estrategias y 199 líneas de acción, de las cuales 81 corresponden a la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI), con una meta inicial de reducir emisiones en 83.2 millones de toneladas de CO_2e. En materia de adaptación incluye 77 líneas de acción para reducir la vulnerabilidad social, la de los ecosistemas, de la infraestructura y de los sectores productivos.

Conjuntamente con el resto de la comunidad internacional, el país ha asumido la responsabilidad de cumplir con su contribución nacionalmente determinada (CND o NDC por sus siglas en inglés) referida en el Acuerdo de París y ha entregado ya cinco comunicaciones nacionales y un informe bienal de actualización, cumpliendo así con los mecanismos de transparencia establecidos en la Convención.

México ha iniciado la evaluación de la política nacional de cambio climático para asegurar que sus objetivos se cumplen y contribuyen a la reducción de emisiones de GYCEI y a disminuir la vulnerabilidad de la población, ecosistemas y sectores productivos. Este es el último eslabón de la cadena de los instrumentos de política pública determinados por la LGCC. Su puesta en marcha y primeros resultados se presentan por primera vez en esta comunicación.

La primera evaluación de la política nacional de cambio climático aborda los dos instrumentos de política pública federal más relevantes: el *Anexo transversal en materia de cambio climático del presupuesto de egresos de la federación,* y el *Programa especial de cambio climático 2014-2018*. Este ejercicio ha generado recomendaciones dirigidas a mejorar las políticas públicas en esta materia. La segunda evaluación en proceso trata temas clave de mitigación en estados y municipios, así como las capacidades de éstos para disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático.

Se ha participado activamente en las reuniones internacionales sobre cambio climático y desarrollo sustentable. Durante el periodo 2012-2018, México

jugó un papel importante en la definición de la *Agenda 2030 para el desarrollo sostenible* y en la definición del régimen climático multilateral, impulsando la incorporación de diversos temas estratégicos en las Conferencias de las Partes de la CMNUCC y, en particular, en las negociaciones del Acuerdo de París, tales como la equidad de género y los derechos humanos.

2. Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero

El *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero* (INEGYCEI) que se presenta en esta comunicación ha sido actualizado a 2015, utilizando las metodologías más recientes del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

Según el INEGYCEI, las emisiones directas de GEI en el país, sin considerar las absorciones, ascendieron a 683 millones de toneladas de CO_2 equivalente ($MtCO_2e$), de las cuales la mayor contribución se debe al autotransporte, con 23.4%, seguido por las actividades de generación de energía eléctrica con 18.3%, ganadería con 10.3% y residuos con 6.7 por ciento.

En el caso del carbono negro, un contaminante y forzador climático de vida corta (FCVC), la emisión se contabilizó en 112 mil toneladas, derivadas en su mayor parte de las actividades del sector autotransporte con 28.3%, las actividades de procesamiento de alimentos, principalmente de los ingenios azucareros, con 26.8%, y el uso de leña en los hogares con 26.3 por ciento.

Entre 1990 y 2015, las emisiones totales de GEI crecieron en 54%, a una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.7 por ciento. Sin embargo, en los últimos años se observa un desaceleramiento, ya que entre 2010 y 2015 las emisiones aumentaron 4% y la TCMA fue de 0.8%, cuando entre 2005 y 2010 las emisiones crecieron 13.6% con una TCMA de 2.6 por ciento. Las emisiones por persona fueron, en 2015, de 3.6 toneladas de CO_2e, nivel que está por debajo del promedio mundial de 4.9 toneladas de CO_2e.

3. Políticas y medidas de mitigación

El país ha asumido el compromiso de realizar acciones para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. La política de mitigación tiene como fundamentos la LGCC promulgada en 2012 y los instrumentos que derivan de ésta, como la ENCC y el PECC, así como los compromisos adquiridos ante la CMNUCC.

México fue el primer país en desarrollo en presentar su intención de contribución nacionalmente determinada, y posteriormente su *Estrategia de medio siglo* (EMS) para dar cumplimiento al Acuerdo de París. Estas contienen dos componentes, uno de mitigación y otro de adaptación.

El componente de mitigación considera medidas no condicionadas (aquellas que puede cumplir con sus propios recursos) para reducir 22% de las emisiones de GEI al año 2030 respecto a la línea base y 51% las emisiones de carbono negro al mismo año. Asimismo, incluye metas condicionadas, que requieren de recursos financieros externos y de transferencia de tecnologías limpias que faciliten, a su vez, la creación de capacidades en el país, para alcanzar 36% de reducción de emisiones en GEI y 70% en carbono negro.

En el periodo que abarca esta *Sexta Comunicación Nacional*, el país promovió políticas, estrategias y medidas para reducir las emisiones, principalmente en el sector energía que, definido en términos del IPCC, genera 70.4% de las emisiones nacionales totales (480 $MtCO_2e$).

Después de décadas de basar el desarrollo en un modelo de energía centralizado y cimentado en el uso de combustibles fósiles, en 2013 el país inició la llamada reforma energética (RE); como parte integral de ésta, en 2015 entraron en vigor la *Ley de Transición Energética* (LTE) y la *Ley de la Industria Eléctrica* (LIE) y, en 2016, la *Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios.*

Por la relevancia del sector eléctrico en la mitigación del cambio climático (generó 125 $MtCO_2e$ correspondientes al 18.3% del sector energía, en 2015) se estableció la meta de generar al menos

35% de la energía eléctrica con fuentes limpias al 2024 y 50% al 2050. Para el caso de la eficiencia energética, se estableció la meta de reducirla por consumo final de 1.9% en el periodo 2016 a 2030 y de 3.7% en el periodo 2031 a 2050.

También se adoptaron medidas fiscales e instrumentos de mercado para promover la adopción de tecnologías más limpias en la producción de bienes y servicios, y desincentivar la emisión de GEI, tales como el establecimiento de un impuesto a fabricantes, productores e importadores por la enajenación e importación de combustibles fósiles, con base en su contenido de carbono.

Con la misma orientación, en la LGCC se incluyó establecer de forma progresiva y gradual un sistema de comercio de emisiones (mercado de carbono) para promover la reducción de emisiones al menor costo posible, de forma medible, reportable y verificable, y sin vulnerar la competitividad de los sectores participantes.

En el sector transporte, que es la mayor fuente de emisiones del país (171 $MtCO_2e$, el 25% del total de las emisiones nacionales), se han hecho esfuerzos para reducir las emisiones de CO_2, carbono negro y precursores de ozono. Particularmente en el subsector autotransporte, que genera 93.3% de las emisiones de este sector, se trabajó en la modificación de la norma NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 para incrementar el rendimiento en el consumo de combustible de vehículos automotores ligeros nuevos que se comercializan en el país.

En el sector industrial se ha mejorado la eficiencia energética de los procesos, mediante la optimización de insumos y el aprovechamiento de residuos provenientes de otros sectores, como materia prima.

En el sector residencial y comercial se han desarrollado también instrumentos regulatorios enfocados a lograr la eficiencia energética, mediante el uso de tecnologías más eficientes o basadas en fuentes renovables de energía.

En cuanto a la captura de carbono proveniente de la vegetación y los suelos, la categoría Tierra del *Inventario…* hoy se comporta como un sumidero de GEI. Según el INEGYCEI, las absorciones (emisiones negativas) alcanzaron –148.3 $MtCO_2e$. No obstante, el sector está en riesgo de disminuir su capacidad de sumidero, dados los procesos de deforestación y degradación de suelos, por lo que en 2017 se publicó la *Estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación y degradación* (ENAREDD+), que se encuentra en implementación.

En las actividades pecuarias, que son la tercera fuente de emisión del país (aportan aproximadamente 15% de las emisiones nacionales), también se promueven prácticas para reducir emisiones, como la instalación de biodigestores. Sin embargo, aún hay áreas de oportunidad para fortalecer la política pública y las acciones de mitigación que ayuden, a la vez, a resolver las necesidades alimentarias del país, y a disminuir la presión sobre la cobertura forestal, al tiempo que se reduzcan sus emisiones.

En el periodo 2013-2017, como resultado de las acciones realizadas por el gobierno federal y las entidades federativas, las emisiones se redujeron 70.2 $MtCO_2e$ en el país, con respecto a la línea base de 2013. El sector eléctrico ha jugado un papel fundamental al contribuir con casi 34 $MtCO_2e$ a la mitigación, debido a la utilización de tecnologías limpias, la sustitución de combustibles intensivos en carbono y la reducción de pérdidas técnicas en la red eléctrica. En segundo lugar se encuentran las acciones de eficiencia energética con 11 $MtCO_2e$ y la captura de carbono principalmente en el sector forestal del país con casi 9 $MtCO_2e$.

Otras acciones han sido: el Programa de Transporte Limpio con una reducción de 7.2 $MtCO_2e$; los esfuerzos enfocados al tratamiento de aguas residuales, con 2 $MtCO_2e$, y la NAMA de vivienda, con 0.1 $MtCO_2e$.

Alcanzar las metas del Acuerdo de París requiere reducir no sólo las emisiones de GEI, sino también las de los FCVC, los cuales impactan el sistema climático global y afectan la salud humana y la de los ecosistemas; al reducirlos se mejorará la calidad del aire y se evitarán los daños en los cultivos agrícolas, lo que contribuirá a la seguridad alimentaria.

Es por ello que México ha participado activamente en iniciativas internacionales como la Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC por sus siglas en inglés), creada en 2012 y de la cual es miembro fundador, y ha llevado a cabo esfuerzos para estimar

las concentraciones de FCVC. En 2016 se instrumentó la red experimental de carbono negro atmosférico para determinar la línea base ambiental y en 2017 se integró un reporte de compuestos orgánicos volátiles (COV) que permitió identificar aquellos con mayor potencial de formación de ozono.

México está posicionado como el decimosegundo país con mayores recursos y ecosistemas marino-costeros. En esta comunicación se incluye por primera vez la temática referente a la captura de carbono en mares y costas (carbono azul). Al respecto se han hecho esfuerzos por conocer su potencial de mitigación y se han estudiado los efectos del cambio climático sobre ellos.

En ese contexto, se han realizado en el país estimaciones preliminares de almacenamiento de carbono en manglares y pastos marinos. En el territorio nacional, el almacén de carbono en manglares se estimó de manera preliminar en 330 millones de toneladas, mientras que los pastos marinos almacenan 42 millones de toneladas.

Actualmente se estudia el potencial de captura de GEI y de almacenamiento de carbono para reforzar la importancia de estos ecosistemas en programas de conservación y restauración, así como de adaptación basada en ecosistemas y valoración de servicios ambientales. Con esto se aporta a las iniciativas internacionales sobre el tema y se considera relevante su discusión en la Convención.

4. Economía del cambio climático y crecimiento verde

Los efectos adversos del cambio climático generan costos para el país y para el mundo. Se estima que las pérdidas acumuladas al 2100 alcanzarían entre $550,000 millones de dólares y $2.3 billones de dólares a valor presente, en un escenario de inacción mundial. Se espera que los mayores costos ocurran en las ciudades. En contraste, en un escenario donde los países del mundo contribuyen a limitar el aumento de la temperatura global a 1.5°C, respecto del nivel preindustrial, los costos acumulados para el país oscilarían entre $210,000 millones y $770,000 millones de dólares, a valor presente.

Con el propósito de reducir los efectos del cambio climático a largo plazo, se han evaluado los costos para la economía nacional derivados de este fenómeno global y se busca formular políticas que contribuyan a la construcción de un modelo de desarrollo bajo en carbono.

En el mediano plazo y con el fin de dimensionar la magnitud de las inversiones necesarias para cumplir con el compromiso de reducción de emisiones de GEI de 22% en 2030, el país desarrolló una estimación de costos para alcanzar dicha reducción.

Los costos para el periodo 2014-2030 se estimaron en alrededor de $143,000 millones de dólares, en caso de no aplicar medidas de mitigación. Pero si el país instrumenta las 30 medidas de mitigación en ocho sectores de la economía que respaldan el compromiso, los costos se reducirían a $126,000 millones de dólares, con un ahorro de $17,000 millones de dólares.

El crecimiento verde fue adoptado desde 2012 como un eje para el desarrollo de política pública que busca el crecimiento económico incluyente, con el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y actividades de combate al cambio climático. Para el seguimiento de este eje se han diseñado indicadores que muestran que el valor absoluto de la producción de bienes y servicios ambientales, en el periodo 2012-2016, creció 2.4% en promedio y aportó en esos años el 1.1% del PIB nacional y, además, el número de personas ocupadas en empleos verdes aumentó a una tasa promedio anual de 1.2 por ciento.

En términos financieros, la banca de desarrollo del país fue la primera en América Latina en emitir bonos verdes para financiar proyectos que contribuyen a enfrentar los efectos del cambio climático. Al año 2017, el monto de dichos bonos ascendió a más de $2,000 millones de dólares.

5. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

México es un país particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático debido a su ubicación geográfica, su topografía y sus características socioeconómicas.

Desde la *Quinta Comunicación Nacional* de 2012 el país ha tenido importantes avances, que se reflejan en arreglos institucionales, instrumentos de política pública y en la implementación de acciones de adaptación que contribuyen al cumplimiento de los objetivos nacionales e internacionales en materia de adaptación al cambio climático.

México fue el primer país en desarrollo en incorporar un apartado de adaptación en su contribución prevista y nacionalmente determinada, que introdujo objetivos medibles y que incluyó una sección sobre adaptación basada en ecosistemas, la cual reconoce la importancia de los ecosistemas sanos para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo.

Sobre el tema de detección de cambio climático, en las tendencias climáticas se ha encontrado que la cantidad de precipitación no se ha modificado en el periodo 1960-2013; sin embargo, su distribución está cambiando de manera diferencial en el territorio. En cuanto a las temperaturas mínimas y máximas, se han observado cambios, presentando por lo general un incremento de noches cálidas y una disminución de noches frías en todo el país.

Se han desarrollado estudios de impacto potencial en diferentes sectores con escenarios de aumento de temperatura global de 1, 1.5 y 2°C en el marco del Acuerdo de París, en los que se proyecta que, considerando el peor escenario (RCP de 8.5), el aumento de temperatura de 1.5°C ocurriría en el año 2042, mientras que con un escenario intermedio (RCP de 4.5) este aumento podría suceder una década después.

Se desarrolló un marco conceptual que permite homologar metodologías y conceptos para el análisis y evaluación de procesos de adaptación. Éste destaca la participación social, los enfoques de género y derechos humanos como elementos esenciales.

El país ha avanzado en la evaluación de los componentes de la vulnerabilidad al cambio climático. Se han desarrollado estudios sobre exposición y sensibilidad actual y futura para determinar los impactos presentes y potenciales asociados al cambio climático en sistemas sociales, actividades productivas y capital natural.

Se cuenta con estudios de impactos potenciales en la distribución de especies, ecosistemas, islas y zonas costeras, zonas urbanas, suelo, agricultura y agua.

También se ha generado información en diferentes niveles de análisis para la determinación de la capacidad adaptativa, considerando los recursos humanos y financieros, la estructura institucional, los instrumentos de gestión y planeación, y el nivel de organización social con los que se cuenta para enfrentar los potenciales impactos del cambio climático.

Dichos estudios se han considerado en el desarrollo de procesos de adaptación y sistemas de alerta temprana, así como en la construcción del *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático.* Este atlas tiene como objetivo dar a conocer la vulnerabilidad territorial actual y potencial relacionada con el clima, para contribuir a la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático en el contexto de la planeación del desarrollo con base en datos históricos y escenarios futuros, así como el análisis de los componentes de la vulnerabilidad a una escala municipal, incorporando consideraciones de género.

La transversalización del tema de adaptación en el país se ve reflejada tanto en los instrumentos de política pública nacional, estatal y municipal, como en los compromisos internacionales que el país ha asumido.

Entre las lecciones aprendidas de la implementación de medidas de adaptación se encuentra la incorporación de novedosos mecanismos de participación social para garantizar el involucramiento activo y la apropiación de las medidas por parte de la población local y de diversos actores clave (representantes de gobierno, organizaciones sociales, academia).

México reconoce que el cambio climático afecta de manera diferencial a los distintos grupos dentro de una comunidad y que, con frecuencia, exacerba las desigualdades sociales, económicas, de género y de acceso a los recursos. En consecuencia, el país trabaja con un enfoque de fortalecimiento continuo de las capacidades de las comunidades y de su organización, así como en el

empoderamiento de mujeres y hombres para el desarrollo de proyectos productivos.

Por ello, la planeación de acciones de adaptación parte de diagnósticos de vulnerabilidad que identifican estas brechas y diseñan e implementan medidas dirigidas a disminuir las desigualdades y a respetar los derechos de las mujeres, como el acceso a los recursos, el acceso al crédito y a una toma de decisiones más igualitaria.

Las mujeres son un poderoso agente de cambio del país que debe estar presente y jugar un papel protagónico en los proyectos de mitigación y de adaptación y en la toma de decisiones y búsqueda de soluciones vinculadas con el cambio climático.

El país ha sido un actor importante en la inclusión de la perspectiva de género en el Programa de Trabajo de Lima aprobado en la COP 20 (2014) y en el Acuerdo de París, que incorpora componentes de igualdad de género, empoderamiento de la mujer y equidad intergeneracional.

También forma parte de iniciativas internacionales como la *Agenda Regional de Género: sinergias para la igualdad en América Latina y el Caribe*, que impulsa la CEPAL para alcanzar la Agenda de Desarrollo Sostenible hacia 2030, y participó en la elaboración de la *Estrategia de Montevideo* que tiene por objeto guiar la implementación de la agenda regional para eliminar las desigualdades de género y garantizar los derechos humanos de las mujeres.

El gobierno del país comenzó en 2018 las gestiones para la formulación de su plan nacional de adaptación (PNA o NAP, por sus siglas en inglés), en el que se propiciará un enfoque preventivo por encima del enfoque reactivo que ha prevalecido.

6. Financiamiento, tecnología y capacidades

No existe una definición compartida para la clasificación, monitoreo y reporte del financiamiento climático, lo que limita la contabilidad y su seguimiento. Dicha limitación prevalece en el mundo. En el país, la disponibilidad de datos no es suficiente para el análisis preciso de los flujos de financiamiento climático existentes y su asignación a acciones de mitigación y adaptación.

Con estas limitaciones, el análisis de los recursos nacionales y de las fuentes internacionales y regionales de financiamiento climático, público y privado, que operan en el país, indica que entre 2012 y 2017 se otorgaron $27,075 millones de dólares en créditos, apoyos, bonos y transferencias para la ejecución de proyectos de eficiencia energética en viviendas e industrias, proyectos de fuentes renovables de energía, y para otras medidas de mitigación del cambio climático y de adaptación al mismo, que se recogen de manera puntual en esta Comunicación.

Esta cifra sólo contabiliza asignaciones que, en su mayoría, figuran en informes anuales de las fuentes nacionales, multilaterales, regionales e internacionales, por lo que no se puede considerar como una cifra definitiva, sino sólo como una referencia parcial de la dinámica del flujo financiero destinado al cambio climático en el país entre 2012 y 2017.

En materia de tecnología, la transformación del marco legal e institucional que resulta de la nueva política energética, prioriza la modernización del sector energía y da mayor apertura a los mercados y flexibilidad a los actores económicos, para aprovechar las oportunidades que ofrece el acelerado cambio tecnológico. La introducción de energías limpias y la transición hacia una mayor eficiencia energética, tienen hoy mejores oportunidades en el país.

México ha contribuido en el fortalecimiento del mecanismo tecnológico de la CMNUCC a través de su participación en el Comité Ejecutivo de Tecnología y en la Junta de Consejo del Centro y Red de Tecnologías Climáticas (CTCN, por sus siglas en inglés).

Las capacidades nacionales para cumplir con la CND han sido evaluadas en términos de arreglos institucionales; mecanismos de información y comunicación; capacidades para la instrumentación de las medidas de mitigación y adaptación; ambiente regulatorio y de negocios, y mecanismos de financiamiento y desarrollo de tecnología. Si bien se cuenta con capacidades en todos los rubros, no todas tienen el mismo nivel de fortalecimiento y existen oportunidades para mejorarlas, particularmente en los ámbitos locales.

7. Investigación, educación, formación y sensibilización del público

México presenta en esta Comunicación algunos de los esfuerzos que la comunidad académica del país ha realizado para estudiar los procesos climáticos, de modelado y proyección, los impactos del cambio climático, los análisis de las condiciones socioeconómicas de la población afectada por este fenómeno y la investigación sobre estrategias de mitigación de GYCEI.

Desde la *Quinta Comunicación Nacional,* la producción científica del país ha crecido de manera sostenida, lo que se refleja en un incremento en los estudios de cambio climático en temas de agricultura, clima, economía, ecosistemas, inventarios de emisiones, mares, política, recursos hídricos, salud y sistemas humanos. Se cuenta con redes de investigadores establecidas con recursos públicos en instituciones académicas y de investigación.

En materia de educación y sensibilización del público, el país ha suscrito los principales instrumentos internacionales que promueven estas actividades. De 2013 a la fecha, México se ha comprometido a cumplir con el Acuerdo de París, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y la Declaración Ministerial de Lima sobre la educación y la sensibilización.

La LGCC ha sentado las bases para incorporar el tema en la educación formal que se imparte en el país y para la inclusión de los conceptos y principios fundamentales de la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y conocimiento del cambio climático, así como la valoración de la protección y conservación del medio ambiente en la educación pública. También establece la obligación de proporcionar a la población los elementos básicos de protección civil, mitigación y adaptación ante los efectos que representa el cambio climático.

Desde 2011, los libros de texto gratuitos de la Secretaría de Educación Pública (SEP) abordan temas vinculados con el cambio climático en la educación primaria y, en el ámbito de las entidades federativas, hay avances en la inclusión de contenidos específicos de cambio climático en sus programas de educación ambiental.

Las principales universidades e instituciones de educación superior cuentan con áreas que han incorporado el tema de cambio climático en el desarrollo de sus investigaciones y han llevado a cabo congresos, diplomados y cursos que contribuyen a la formación de capital humano en esta materia.

La educación no formal también constituye parte de las estrategias de sensibilización sobre el cambio climático que se han impulsado en el país. Algunos centros y museos de ciencia y tecnología difunden conocimientos básicos sobre cambio climático y proponen acciones para que la población actúe para combatir sus efectos y para adaptarse de mejor manera a sus impactos. También se han llevado a cabo campañas nacionales de difusión, tanto por el gobierno como por organizaciones de la sociedad civil.

La *Sexta Comunicación Nacional* es un testimonio fundamentado del esfuerzo del país para afrontar el cambio climático, y ofrece una hoja de ruta para conocer y evaluar las acciones, políticas, impactos y temas de investigación sobre cambio climático que se desarrollan en el país. También permite formular nuevas metas, establecer sinergias entre sectores e identificar fortalezas y debilidades en lo alcanzado, con una visión integral que enriquece las perspectivas específicas.

Executive Summary

Mexico is fully engaged with the international community to fight climate change. It has implemented a pragmatic approach to reduce emissions and implement adaptation measures to reduce the vulnerability of its population, ecosystems and infrastructure along with ensuring national development and job creation.

Climate change is a challenge that requires the collective action of society, companies and governments. The *Sixth National Communication* and *Second Biennial Update Report* present the mitigation and adaptation measures that have been implemented in the country since the submission of the Fifth Communication in 2012 and the First Biennial Update Report in 2015.

By submitting this report, the country fulfills its commitments under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), and to its population to report on progress made in the country on this matter.

1. National Circumstances and Institutional Arrangements

Mexico is part of North America and is located between longitude 118°22′00″ and 86°42′36″ west, and latitude 14°32′27″ and 32°43′06″ north. Due to its geographical location, the southern region of the country lies in the planet's intertropical zone and the northern region is in its temperate zone.

The contintental land-surface area is 1.96 million km², which classifies it as the thirteenth largest country in the world in terms of land mass. Its perimeter comprises a coastline of 11,122 km to the south, east and west. Mexico has international borders with the United States of America to the north and the Republic of Guatemala and Belize to the south. The mean altitude of the country is 1,000 metres above sea level.

In 2016, the country had 122.3 million inhabitants: 1.7% of the world's population. 51.2% of the total population were women, 26 million (21.5%) were considered to be indigenous as befitting their culture, history and traditions, although just 7.9 million (6.5%) spoke an indigenous language.

It is a representative, democratic, secular, federal republic comprising 32 federal entities: 31 free, sovereign states and Mexico City. The entities are divided divided into 2,457 free municipalities, each one governed by local authorities. Mexico City is divided into 16 territorial demarcations.

In terms of its Gross Domestic Product (GDP) the country had the twelfth largest economy in the world in 2017 with purchasing power parity of $2,344,197 international dollars and, in terms of *per capita* GDP it occupied the 80th place in the world.

The country generates around 1.4% of the world's energy and is the fifteenth largest producer in the world. Furthermore, it occupies the thirteenth place in oil exports with 2.8% of the world's production.

Carbon dioxide (CO_2) emissions from the use of fossil fuels represented 1.3% of total global emissions and placed the country internationally in the thirteenth place.

Due to its geographical location between two oceans in the southern region of the northern hemisphere, the country is uniquely affected by climate change. Scenarios for the period from 2015 to 2039 show annual temperature increases of up to 2°C in the north of the country with variations of 1 to 1.5°C throughout most of its territory. In general, a drop of 10 to 20% in precipitation is predicted. All of the above could have significant economic, social and environmental consequences.

A legal, regulatory, long-term planning framework has been produced to address the challenges arising from this global phenomenon in the form of a *General Law on Climate Change* (LGCC for its initials in Spanish) which lays the foundations for compliance with the Paris Agreement, a National Climate Change Strategy Vision 10-20-40, a Mid-Century Strategy and the creation of a National Climate Change System—a crucial institutional arrangement —encompassing the three levels of government, the legislative branch and civil society.

There is also the Special Programme for Climate Change 2014-2018 (*PECC* for its initials in Spanish), which entails five objectives, 26 strategies and 199 lines of action, of which 81 deal with mitigation of GHG and compounds, aiming at an initial emission-reduction target of 83.2 million metric tons of CO_2e. With regard to adaptation, PECC includes 77 lines of action to reduce social, ecosystem, infrastructure and productive-sector vulnerability.

In conjuction with the rest of the international community, the country has assumed the responsibility to comply with its Nationally Determined Contribution (NDC) stemming from the Paris Agreement; has submitted five National Communications, and one Biennial Update Report in compliance with the transparency mechanisms under the UNFCCC.

Mexico has initiated national climate-change policy evaluation to ensure its objectives are attained and that they contribute to reductions in GHG and compounds emissions, and to the reduction of vulnerability in its population, ecosystems and productive sectors. Climate-change policy evaluation is the final link in the chain of public policy instruments set forth in the General Law on Climate Change. Its implementation and the most recent results are presented for the first time in this Communication.

The first national climate-change policy evaluation addresses the two most relevant federal public-policy instruments: the federal budget for Climate Change (*AT-CC for its initials in Spanish*), and the Special Programme for Climate Change (*PECC*). The resulting recommendations stemming from both evaluations improve public policies on the matter at the federal sphere of responsibility. The second evaluation, currently in progress, deals with key mitigation issues in states and municipalities addressing also capacities in place to reduce vulnerability in response to climate change.

Mexico has participated actively at international meetings on climate change and sustainable development. From 2012 to 2018, it played an important part in the definition of the 2030 Agenda for Sustainable Development and in the development of multilateral climate regulations by promoting the inclusion of strategic issues such as gender equality and human rights in the UNFCCC Conference of the Parties, particularly, during the Paris Agreement negotiations.

2. Greenhouse Gases and Compounds Emissions

The *National Inventory Report* (*INEGYCEI* for its initials in Spanish) contained in this Communication is updated to 2015 using 2006 IPCC methodologies.

According to the INEGYCEI, direct GHG emissions in the country, without considering absorptions, reached 683 metric tons of CO_2 equivalent (Mt-CO_2e), of which vehicle transportation contributes the most (23.4%), followed by electricity generation (18.3%), livestock (10.3%), and emissions from wastes (6.7%).

Emissions of black carbon, a short-lived climate pollutant (SLCP), reached 112 metric tons, mainly from the vehicle transportation sector (28.3%), food processing (26.8%) and wood-fired ovens (26.3%).

Between 1990 and 2015, total GHG emissions increased by 54% at an average annual growth rate (AAGR) of 1.7%. However, deceleration has been observed in recent years: from 2010 to 2015 emissions increased by 4% and the AAGR was 0.8%, whereas from 2005 to 2010 emissions grew 13.6% with an AAGR of 2.6%. Emissions by person were 3.6 metric tons of CO_2e in 2015, which is below the world average of 4.9 metric tons of CO_2e.

3. Policies and Mitigation Measures

The country has undertaken the commitment to act to reduce GHG and compounds emissions. Its mitigation policy is based on the General Law on Climate Change of 2012, and the instruments derived from it such as the National Strategy for Climate Change (*ENCC* for its initials in Spanish) and the Special Programme for Climate Change (*PECC*) in addition to the commitments acquired under the UNFCCC.

Mexico was the first developing country to submit its Intended Nationally Determined Contribution and, later, it's Mid-Century Strategy (*MCS*) in compliance with its commitments under the Paris Agreement. Both, INDC and MCS comprised mitigation and adaptation components.

The mitigation component contemplates unconditioned measures (those that can be implemented using the country´s own resources) to reduce GHG emissions by 22% by the year 2030 with respect to the baseline, and black-carbon emissions by 51% by the same year. It further specifies conditioned goals requiring external funding and the transfer of clean technologies to facilitate, in turn, the development of the country's capacity to achieve 36% and 70% reductions in GHG and black-carbon emissions respectively.

During the period covered by this Communication, the country fostered emission-reduction policies, strategies and measures, mainly in the energy sector which, as defined by the IPCC, generates 70.4% of total national emissions (480 million metric tons of CO_2e).

After decades of development based on a centralized-energy model founded on the use of fossil fuels, in 2013 the country initiated the Energy Reform (*RE* for its initials in Spanish). Laws were passed as an integral part of this reform: The Energy Transition Law (LTE for its initials in Spanish) and the Electricity Industry Law (LIE for its initials in Spanish) in 2015; and the Transition Strategy to Promote the Use of Cleaner Techologies and Fuels in 2016.

Due to the importance of the electricity sector for the mitigation of climate change (it generated 125 MtCO_2e—18.3% of the energy sector—in 2015), a target of generating at least 35% and 50% of total electricity from clean sources was established for 2024 and 2050, respectively. With regard to energy efficiency, targets were established to reduce energy intensity in final consumption by 1.9% and 3.7% during 2016-2030 and 2031-2050 respectively.

Fiscal measures and market instruments were implemented to promote the adoption of cleaner technologies for the production of goods and services and to discourage GHG emissions, among these a tax on the sale and importation of fossil fuels with carbon-based content.

In this vein, the General Law on Climate Change mandates the implementation of a progressive and gradual emissions-trading system (a carbon market) to achieve reductions at the lowest

possible cost, in a measurable, reportable and verifiable manner without jeopardizing the competitiveness of stakeholders.

In the transportation sector, the country's largest source of emissions (171 $MtCO_2e$: 25% of total national emissions), an effort has been made to reduce CO_2, black carbon and emissions of other ozone (O_3) precursors. Particularly in the automobile transportation sub-sector, which generates 93.3% of sector emissions, the emission standard NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 was modified to improve the fuel-consumption efficiency of the new light vehicles sold in the country. The energy efficiency of industrial-sector processes has been improved by optimizing inputs and by making use of waste from other sectors as raw material.

Regulatory instruments have also been designed for the residential and business sector to achieve efficient energy use by applying more efficient technologies and renewable energy sources.

Carbon capture from vegetation and soils (the Land section in the inventory) currently behaves like a GHG sink. According to the National Inventory for 2015, absorptions (negative emissions) reached -148.3 $MtCO_2e$. However, this sector is at risk of diminishing its capacity as a carbon sink due to deforestation and soil degradation processes; in consequence, the National Strategy for the Reduction of Emissions due to Deforestation and Degradation (ENAREDD for its initials in Spanish) was published and is currently being implemented.

Agricultural and livestock management, the country's third largest source of emissions (approximately 15%), has also been targeted for emission-reducing practices, such as the introduction of biodigestors. However, there are still areas of opportunity to strengthen mitigation through public policies compatible with meeting the country's food requirements and reducing the pressure on the forest cover.

In the period 2013-2017, and because of actions taken by the federal government and several states, there was a reduction of 70.2 $MtCO_2e$ in the country with respect to the 2013 baseline. The electricity sector has played a fundamental role in this by contributing with almost 34 $MtCO_2e$ to this effort due to the use of clean technologies, the substitution of carbon-intensive fuels and the reduction of technical losses in the electricity network. Energy-efficiency measures appear in second place with 11 $MtCO_2e$; thereafter, carbon sequestration, mainly in the country's forestry sector, contributed with almost 9 $MtCO_2e$.

Other mitigation actions showing results include the Clean Transportation Programme with a reduction of 7.2 $MtCO_2e$, residual-water treatment with 2 MtCO2e, and the housing sector's Nationally Appropriate Mitigation Action (NAMA) with 0.1 $MtCO_2e$.

Achieving the Paris Agreement objectives not only requires a reduction in GHG emissions, but also a reduction of short-lived climate pollutant (SLCP) emissions. These compounds impact the global climate system and affect the health of humans and ecosystems; by reducing their effects, air quality is improved and effects such as farm crop damages are prevented, thus contributing to food security.

Mexico has actively participated in international initiatives such as the Climate and Clean Air Coalition (CCAC), created in 2012. It is a founding member and has made efforts to estimate SLCF concentrations. An experimental atmospheric black-carbon network was implemented to determine the environmental baseline in 2016 and, in 2017, a volatile organic compound (VOC) report was completed, making it possible to identify those compounds most likely to form ozone.

Mexico is positioned as the twelfth country in terms of marine-coastal ecosystems and resources. Carbon sequestration from seas and coasts ecosystems (blue carbon) is included for the first time in this Communication. Efforts have been made to fully understand the mitigation potential of these natural resources and the effects of climate change on them have been studied.

In this context, preliminary estimates have been made of carbon storage in mangroves and sea grasses. At a national level, the preliminary estimate of carbon storage in mangroves was 330 million metric tons, while sea grasses store 42 million metric tons.

Currently, research is being implemented to estimate the potential GHG capture and carbon

storage to underscore the importance of these ecosystems in conservation and restoration programmes, as well as adaptation programmes based on ecosystems and environmental services evaluation. This contributes to international initiatives on this matter, and its discussion at the Convention is considered to be relevant.

4. Climate Change Economics and Green Growth

The adverse effects of climate change generate costs for the country and the world. It is estimated that by 2100 accumulated losses could reach between 550 billion dollars and 2.3 trillion dollars at today's values in response to global inaction. The highest costs are expected to occur in cities.

In contrast, in a scenario where the world's countries contribute to limiting the increase in the global temperature to 1.5°C with respect to its pre-industrial level, accumulated costs for the country would range between 210 billion and 770 billion dollars at today's value.

For the purpose of reducing the adverse effects of climate change in the long-term, costs to the domestic economy derived from climate change have been assessed and policies are being sought in a low-carbon development model.

In the medium term, and for the purpose of determining the amount of investment required to fulfil the commitment to reduce GHG emissions 22% by 2030, the country has calculated the estimated cost of implementing its policies.

The costs of inaction for 2014-2030 were estimated to be around 143 billion dollars. However, implementation of 30 NDC mitigation measures in 8 sectors of the economy is estimated at around 126 billion dollars. This means that 17 billion dollars could be saved with the implementation of appropriate mitigation actions.

Green growth was adopted in 2012 as a line of development of public policy to foster economic growth, coupled with sustainable use of natural resources and activities that address climate change; indicators have been designed for its continuation showing that the absolute value of environmental goods and services production grew 2.4% on average from 2012 to 2016, thus contributing 1.1% of domestic GDP in that period, and the number of people accessing green jobs grew at an average annual rate of 1.2%.

The country's development bank (*NAFINSA: Spanish acronym*) was the first in Latin America to issue green bonds to fund projects addressing the effects of climate change. As of 2017, these bonds reached a total value of 2 billion dollars.

5. Vulnerabilty and Adaptation to Climate Change

Due to the country's geographical location, topography and socio-economic characteristics, it is particularly vulnerable to the adverse impacts of climate change.

Since the Fifth National Communication in 2012, the country has made significant progress reflected in institutional arrangements, public-policy instruments and the implementation of adaptation actions that contribute to attainment of national and international goals of adaptation to climate change.

Mexico was the first country to develop and include an adaptation section in its Nationally Determined Contribution introducing measurable objectives and a subsection on ecosystem-based adaptation, which recognizes the importance of healthy ecosystems for mitigation and adaptation to climate change.

In regards to climate change detection, climate trends have shown that precipitation amounts did not change from 1960 to 2013; however, its distribution is undergoing differential deviations in the territory. Changes in minimum and maximum temperatures have been observed with an increase in the number of warm nights and a decrease in the number of cold nights all over the country.

Studies of potential impacts have been developed in different sectors with global temperature-increase scenarios of 1, 1.5 and 2°C, within the framework of the Paris Agreement. Projections

point to a temperature increase of 1.5°C occuring in 2042 in a worst-case scenario (RCP 8.5), while in an intermediate scenario (RCP 4.5) this increase could occur a decade later.

A conceptual framework useful to validate methodologies and concepts for adaptation-process analysis and assessment, highlighting social participation, gender and human-rights approaches as essential elements, was developed.

The country has made steady progress in the evaluation of the components of vulnerability to climate change through studies on current and future exposure and sensitivity to determine the current and potential impacts on social systems, productive activities and natural capital associated with climate change.

Studies of the potential impacts on species distribution, ecosystems, islands and coastal regions, urban zones, soil, agriculture and water were carried out and information have also been generated at different levels of analysis. These studies are useful for determining adaptive capacity by contemplating existing human and financial resources, institutional structure, management and planning instruments, and the social organisation level to deal with the potential impacts of climate change.

This research has been applied to the design of adaptation processes and early-warning systems, and to the completion of the National Atlas of Vulnerability to Climate Change. The purpose of this atlas is to provide information on current and potential territorial climate-related vulnerability to support decision-making on adaptation to climate-change issues in the context of development planning, applying historical data and future scenarios in addition to the analysis of vulnerability components at a municipal level, incorporating gender variables.

The cross-sectoral nature of the adaptation issues in the country are reflected in national and sub-national public policy instruments as well in the international commitments that the county has undertaken.

Among the lessons learned from adaptation policy implementation is the incorporation of innovative social-participation mechanisms to guarantee active participation and ownership of measures by local communities and key actors (representatives of government, social organisations and academia).

Mexico recognizes that climate change affects the various groups in a community in different ways, and that it often exacerbates social, financial and gender inequalities. This in addition to how much access they have to resources. Consequently, the country is working to continuously strengthen community capacities and organisation as well as to empower women and men to develop productive projects.

Therefore, the planning of adaptation actions starts with vulnerabilty diagnoses designed to identify these discrepancies and to create and implement appropriate measures to deal with inequalities and to respect women's rights, such as access to resources, credits, and more equitable decision-making processes.

Women are powerful agents of change in the country. They must be engaged and play a leading role in mitigation and adaptation projects, as well as in decision-making and the search for climate-change solutions.

The country played an important role in the inclusion of the gender perspective in the Lima Work Programme at COP 20 (2014) and in the Paris Agreement, which contains gender equality, women empowerment and intergenerational equity components. It is also an important player in international initiatives for equity such as the Regional Gender Agenda; synergies for Latin America and the Caribbean driven by the Economic Commission for Latin America and the Caribbean (*ECLAC*) to extend the Sustainable Development Agenda until 2030. It participated in the creation of the Montevideo Strategy, whose purpose is to guide the Implementation of the Regional Agenda to eliminate gender inequalities and guarantee women's human rights.

In 2018, The Mexican government started work on its National Adaptation Plan (NAP) which will encourage a preventive or precautionary approach as opposed to a reactive approach that has taken precedence in sectorial public policy.

6. Finance, Technology and Capacities

There is no shared definition for classifying, monitoring and reporting climate financing. This lack of a common view of climate financing causes accounting limitations, both nationally and internationally. In Mexico, current data availability does not allow for an accurate analysis of climate-finance cash-flows and their corresponding allocation to mitigation and adaptation actions.

With these limitations, the analysis of domestic financial resources, and those coming from international and regional public and private sources, shows that, between 2012 and 2017, the amount of $27.075 billion dollars was allocated in the form of credits, technical assistance, bonds and transfers for the implementation of energy-efficiency projects in housing and industry, renewable energy, and other mitigation and adaptation actions referred to in this Communication.

This amount only includes allocations that, for the most part, appear in annual reports of domestic, multilateral, regional and international sources and therefore should not be considered definitive but only a partial reference to the cash flow allocated to climate change in the country in this period.

In the technology realm, the transformation of the legal and institutional framework of the new energy policy prioritizes the modernization of the energy sector and provides greater market accessibility and flexibility to financial stakeholders taking advantage of the opportunities offered by accelerated technological changes. There are more opportunities today for the introduction of clean energies and the transition towards greater energetic efficiency in the country.

Mexico has contributed to the strengthening of the UNFCCC's Technology Mechanism with its participation on the Technology Executive Committee and the Advisory Board of the Climate Technology Centre and Network (CTCN).

Mexico's capacity to fulfil its NDC has been assessed in terms of institutional arrangements: information and communication mechanisms; capacities for the implementation of mitigation and adaptation measures; the regulatory and business environment; and technology development and funding mechanisms. Even though the country has capabilities in all of these fields, not all are equally robust and there are opportunities for improvement, particularly in local contexts.

7. Education, Traning and Awareness of the Public

In this Communication, Mexico presents some of the work done by the country's academic community to study climate processes using models and projections; they have studied the impacts of climate change, analysed the socio-economic conditions of the population affected by this phenomenon and researched the mitigation strategies concerning GHG and compounds emissions.

Since the Fifth Communication, the country's scientific production has experienced sustained growth. This is reflected in an increase in climate-change studies on matters concerning agriculture, climate, economics, ecosystems, emissions inventories, seas, policy, water resources, health and human systems. Networks of researchers set up with public funding in academic and public research institutions are now operating.

On education and public awareness, Mexico has subscribed key international instruments. Since 2013, the country has undertaken actions to comply with the Paris Agreement, the Sustainable Development Goals (SDGs) and the Lima Ministerial Declaration on Education and Awareness-raising.

The General Law on Climate Change has laid the foundations for the inclusion of the fundamental principles of environmental science, sustainable development, knowledge of climate change, and environmental protection and conservation values in public education. It also sets forth the obligation to provide the population with the basic elements of civil protection, mitigation and adaptation when threatened by the adverse effects of climate change.

Since 2011, elementary public school textbooks contain topics related to climate change and public

environmental-education programmes have included materials addressing climate change issues.

Principal universities and higher-education institutions possess areas that have included climate change in their research projects and have held congresses and courses contributing to the development of human resources in this area.

Informal education also forms part of climate-change awareness strategies fostered in the country. Science and technological centres and museums disseminate basic climate change knowledge and propose actions that the population could take to combat its effects and adapt better to its impacts. National information dissemination campaigns have also been conducted by governments and civil society organisations.

The *Sixth National Communication* is a testimony of the efforts made by Mexico to combat climate change. It offers a roadmap to discover and assess the actions, policies, impacts and research topics in the country. It also encourages us to set new goals, establish synergies between sectors and identify the strengths and weaknesses of what has been achieved.

1

Circunstancias nacionales y arreglos institucionales

1.1 Circunstancias nacionales

México es una república federal, representativa, democrática y laica, integrada por 32 entidades federativas: 31 estados libres y soberanos, y la Ciudad de México —hasta 2016 llamada Distrito Federal—, que es autónoma mas no soberana por tratarse de la sede de los Poderes de la Unión y capital política del país. Los estados se dividen en municipios libres, cada uno gobernado por un ayuntamiento; en el territorio nacional hay un total de 2,457 municipios. Por su parte, la Ciudad de México está dividida en 16 demarcaciones territoriales autónomas.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fue promulgada en 1917 y ha sido reformada en múltiples ocasiones. Cada entidad federativa tiene su propia constitución política, que encabeza el cuerpo de leyes del territorio correspondiente. Tanto el gobierno federal como los gobiernos estatales se rigen por el principio de separación de poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial.

El presidente de los Estados Unidos Mexicanos o presidente de la República es el jefe del Poder Ejecutivo Federal. Es un cargo de elección popular, para un mandato de seis años sin posibilidad de reelección. En el territorio de cada estado, el jefe del Poder Ejecutivo es un gobernador electo popularmente para un mandato de seis años, sin posibilidad de reelección. En la Ciudad de México no hay gobernador sino un jefe de gobierno, que preside 16 alcaldías. Su mandato por seis años, sin reelección, y el de alcalde es por tres años, con posibilidad de una reelección.

El Poder Legislativo Federal reside en el Congreso de la Unión, formado por la Cámara de Diputados y el Senado de la República; integran la primera 500 diputados (300 electos, uno por cada uno de los distritos electorales del país, y 200 de representación proporcional), y la segunda, 128 senadores (96 electos y 32 de representación proporcional). El mandato de diputado federal es por tres años, y el de senador, por seis; pueden reelegirse sin exceder 12 años en una cámara. Por su parte, cada entidad federativa tiene un congreso unicameral, con un número de diputados que depende de la población de cada estado; las reglas electorales son esencialmente las mismas que las nacionales. Tanto la Cámara de Senadores como la de Diputados han tenido Comisiones encargadas del tema del cambio climático.

El Poder Judicial Federal recae en la Suprema Corte de Justicia de la Nación y en un conjunto de tribunales inferiores y especializados. La Suprema Corte está formada por 11 ministros cuya designación es sancionada por el Congreso de la Unión y cuyo periodo es de 15 años. El Tribunal Superior de Justicia de cada entidad federativa se forma mediante reglas análogas, referidas al congreso local.

Características geográficas

México forma parte de Norteamérica y está ubicado entre los meridianos 118°22'00" y 86°42'36" de longitud Oeste y entre las latitudes 14°32'27" y 32°43'06" Norte (**Figura 1.1**) (INEGI, 2017). Por su ubicación geográfica, la porción sur del país se localiza en la zona intertropical y la porción norte en la zona templada del planeta. México está ubicado en la misma latitud que el desierto del Sahara (CONAGUA, 2017).

Límites y superficie

La superficie continental de México es de 1.96 millones de km^2 y su perímetro está compuesto por línea de costa al sur, oeste y este (72.2%) y por fronteras con los Estados Unidos de América al norte y República de Guatemala y Belice al sur (27.8%) (INEGI, 2017). Adicionalmente, cuenta con más de 3,000 islas, islotes, cayos y rocas, que abarcan una superficie de 5,127 km^2.

La superficie marítima, que incluye el mar territorial y la Zona Económica Exclusiva (ZEE), tiene 3.1 millones de km^2, lo que constituye más de 60% de la superficie continental. El mar territorial es la franja del mar adyacente a las costas continentales e insulares, que se extiende hasta los 22.2 km (12 millas náuticas [NM]) y la ZEE es la franja de mar adyacente al mar territorial que se extiende hasta 370.4 km (200 NM) mar adentro, contados desde la línea de costa continental e insular. Ésta tiene una extensión de 2.9 millones de km^2.

Figura 1.1 **Ubicación de México (latitudes)**

Fuente: CONAGUA (2017), con base en NASA.

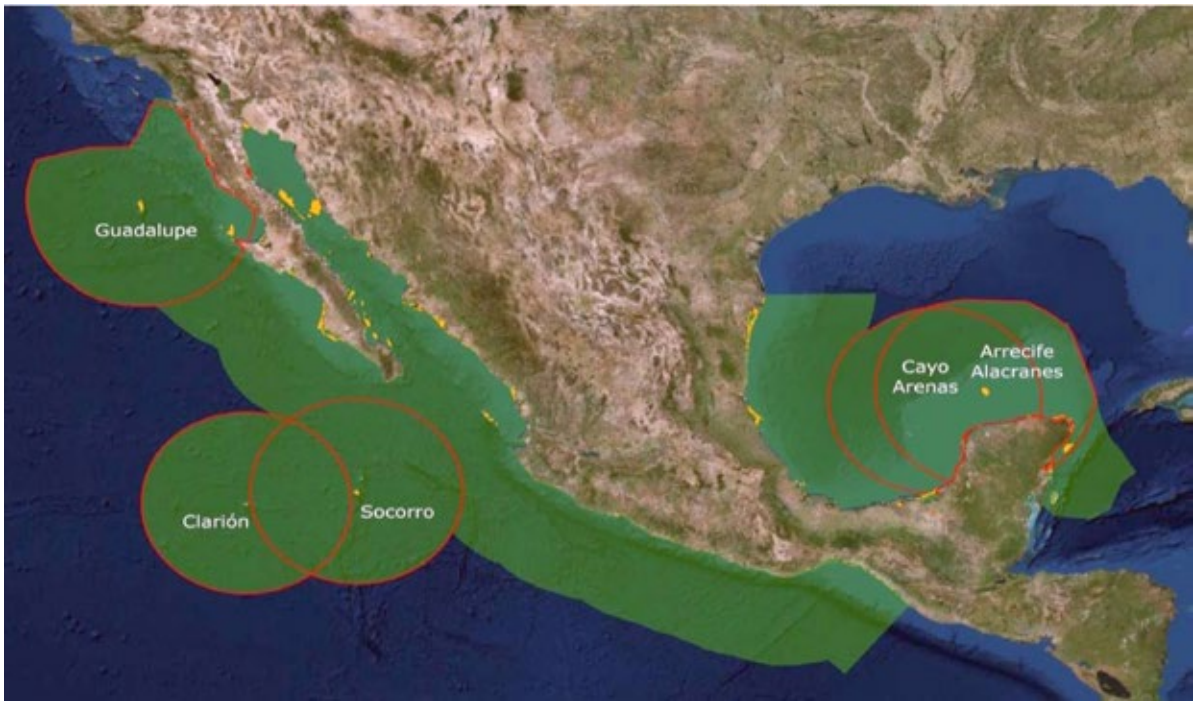
Gran parte de la ZEE obedece a los elementos insulares remotos. En el Océano Pacífico, las islas Guadalupe, Socorro y Clarión contribuyen con 1.1 millones de km^2, que constituyen 34.9% de su superficie total. En el Golfo de México, Arrecife Alacranes y Cayo Arenas contribuyen con 0.5 millones de km^2, es decir, 15.1% del total (**Figura 1.2**).

Orografía

De la superficie continental de México, 44.7% corresponde a zonas montañosas y volcánicas. Las principales cordilleras de México son la Sierra Madre Occidental, que se extiende paralela a la costa del Océano Pacífico; la Sierra Madre Oriental, el cual se despliega frente a la costa del Golfo de México; el Eje Neovolcánico, con prolongación de oeste a este desde el sur de la Sierra Madre Occidental hasta el sur de la Sierra Madre Oriental y que alberga los picos de mayor altura del país, como el Citlaltépetl o Pico de Orizaba (5,610 metros sobre el nivel del mar [msnm]) y el Popocatépetl (5,500 msnm); la Sierra Madre del Sur, a lo largo de la costa sur del Pacífico; la Sierra de Chiapas, en el extremo sureste de México; y la Sierra de Baja California, que corre a lo largo de la Península del mismo nombre (**Figura 1.3**).

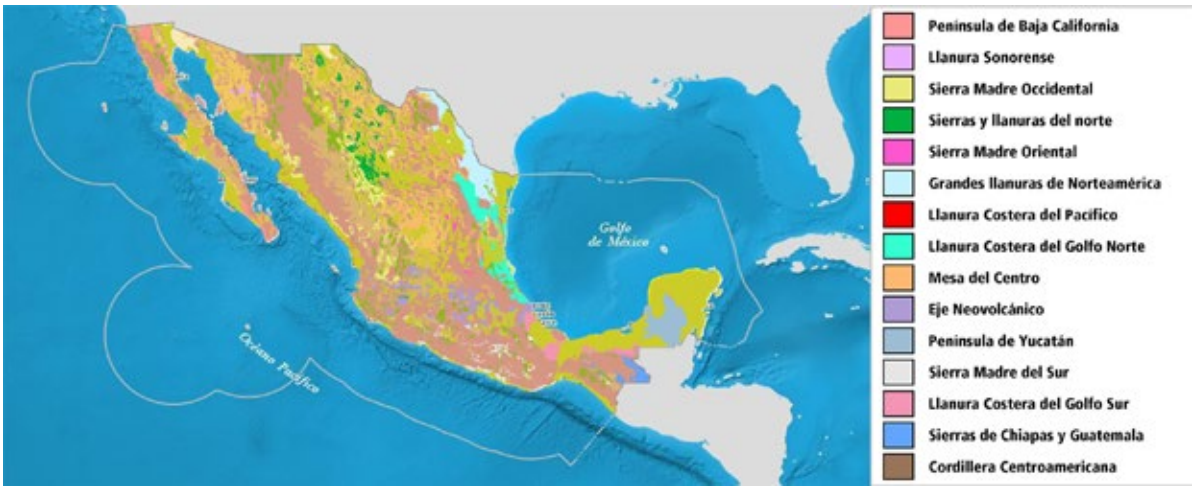
La altitud media del país es de 1,000 msnm, presentándose variaciones a lo largo de todo el territorio. Las planicies costeras del Golfo de México tienen alturas medias máximas de 200 msnm en la parte norte y de 100 msnm en la parte sur. Existen ciudades como Toluca de Lerdo, en el Estado de México, con una altitud de 2,660 msnm, u otras con altitud menor a 10 msnm, como es el caso de Ciudad Madero y Matamoros, en Tamaulipas, Chetumal en Quintana Roo, Guaymas, en Sonora, Mexicali en Baja California, la ciudad de Campeche en el estado del mismo nombre y Veracruz de Ignacio de la Llave en el estado de Veracruz.

Figura 1.2 **Contribución de las islas remotas a la zona económica exclusiva de México**



Fuente: INECC-PNUD (2016).

Figura 1.3 **Orografía de México**



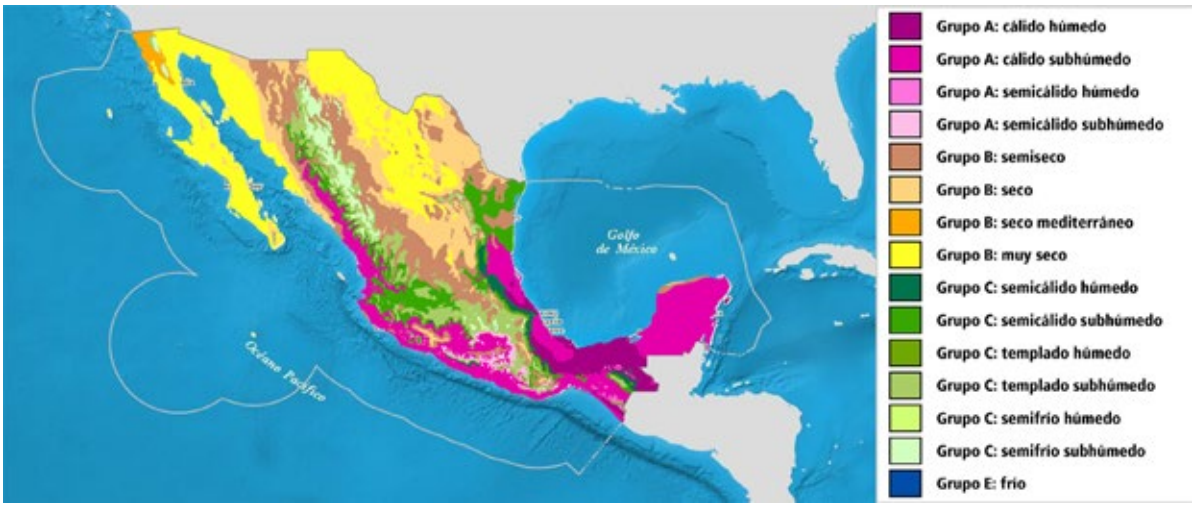
Fuente: INEGI (2018a).

Clima

La ubicación geográfica de México y su orografía explican, en gran medida, la variedad de climas que se presentan a lo largo del territorio nacional y que van desde los cálidos húmedos hasta los fríos alpinos, pasando por los subhúmedos, los templados y los secos de las zonas áridas (**Figura 1.4**). La zona noroeste y centro del país, que cubre dos terceras partes de la superficie nacional, se considera árida o semiárida, con precipitaciones anuales por debajo de 500 milímetros (mm). En contraste, el sureste es húmedo con precipitaciones promedio que superan 1,000 mm por año (INEGI, 2016).

La zona norte-central es predominantemente seca, con temperaturas extremas y poca lluvia. La precipitación anual varía entre 300 y 600 mm (100 a 300 mm en las regiones de clima muy seco) y la temperatura promedio se ubica entre 18 y 22 grados Celsius (°C). El clima templado se concentra alrededor de las cordilleras Oriental y Occidental, con

Figura 1.4 **Distribución de grupos de climas en México**



Fuente: INEGI (2018a).

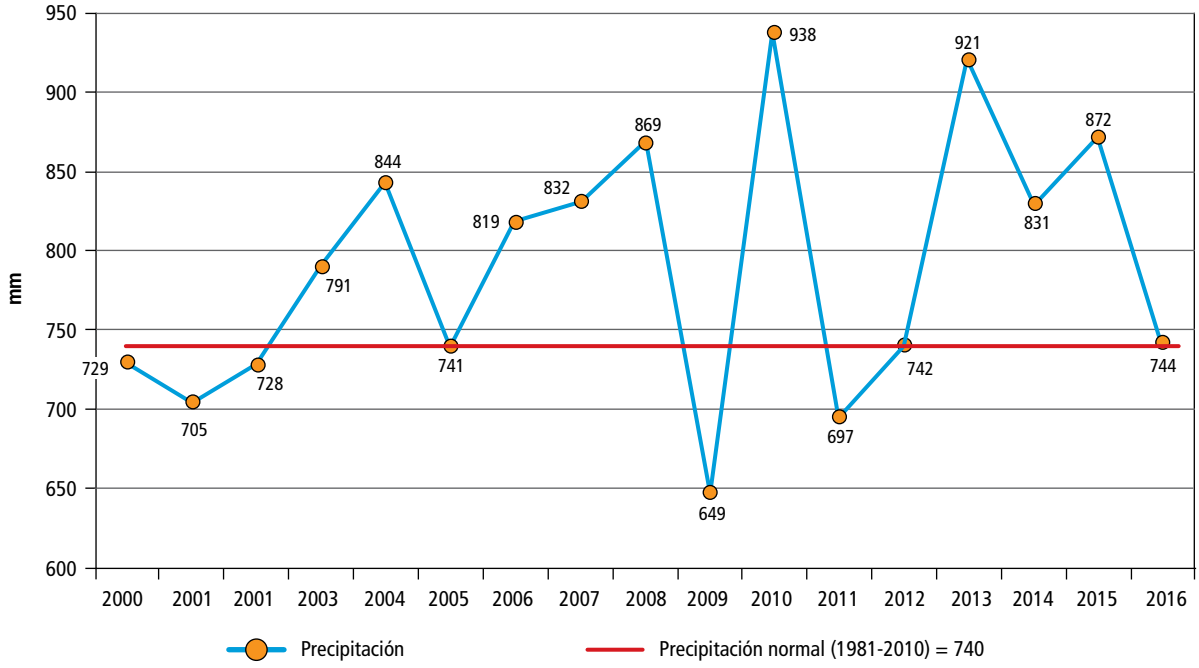
temperatura promedio entre 10 y 22 °C y precipitación promedio entre 600 y 4,000 mm al año. En las zonas cálidas, que se concentran en el sur y sureste de México, las temperaturas promedio van de 22 a 26 °C con una precipitación anual promedio entre 1,000 y 4,000 mm.

En los últimos 50 años, las temperaturas promedio en México han aumentado 0.85 °C, lo que se corresponde con el incremento global reportado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (INECC y SEMARNAT 2015; IPCC, 2013). A este calentamiento se añade el aumento del número de días cálidos extremos y la disminución en la cantidad de días gélidos extremos y heladas (SEMARNAT, 2016).

Por su parte, la precipitación también muestra un amplio intervalo de valores, con superiores a 4,000 mm en pequeñas franjas de la Sierra Madre Oriental, en la Sierra de Juárez en Oaxaca, la Sierra de los Tuxtlas en Veracruz y en las montañas del norte de Chiapas y menores de 400 mm en las regiones norte y noroeste del país. En términos generales, la precipitación no ha seguido un patrón claro de cambio. Por ejemplo, los años 2013 y 2015 registraron 24 y 15% más de precipitación, respectivamente, en relación con la normal de 740 mm anuales calculados para el periodo 1981-2010. Por otro lado, en el año 2016 se alcanzaron 744 mm de precipitación anual, lo cual fue 0.5% superior a la normal del periodo antes mencionado (**Figura 1.5**) (CONAGUA, 2017).

Cabe señalar que en el centro y sur de México, América Central y parte del Caribe se presenta el fenómeno de la canícula, sequía interestival o de veranillo, que forma parte del ciclo estacional de la lluvia en estas regiones (Alcalá, García, Ramírez, Meulenert y García, 2005); Magaña, Pérez, Vázquez, Carrisoza y Pérez, 1999). Ésta se caracteriza por una disminución notoria y no uniforme de las cantidades de lluvia entre julio y agosto, periodo relativamente seco donde la precipitación puede disminuir hasta en 40% (Small *et al.*, 2007). De esta manera, la lluvia se observa como una distribución bimodal con un máximo en junio y un mínimo relativo en julio y agosto.

Figura 1.5 **Precipitación anual en México, 2000-2016**



Fuente: CONAGUA (2017).

Eventos meteorológicos extremos

Entre los posibles efectos del cambio climático están la variación en la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, como los ciclones y las sequías. México, por su ubicación geográfica, condición climática y características socioeconómicas de la población, es altamente vulnerable a estos fenómenos.

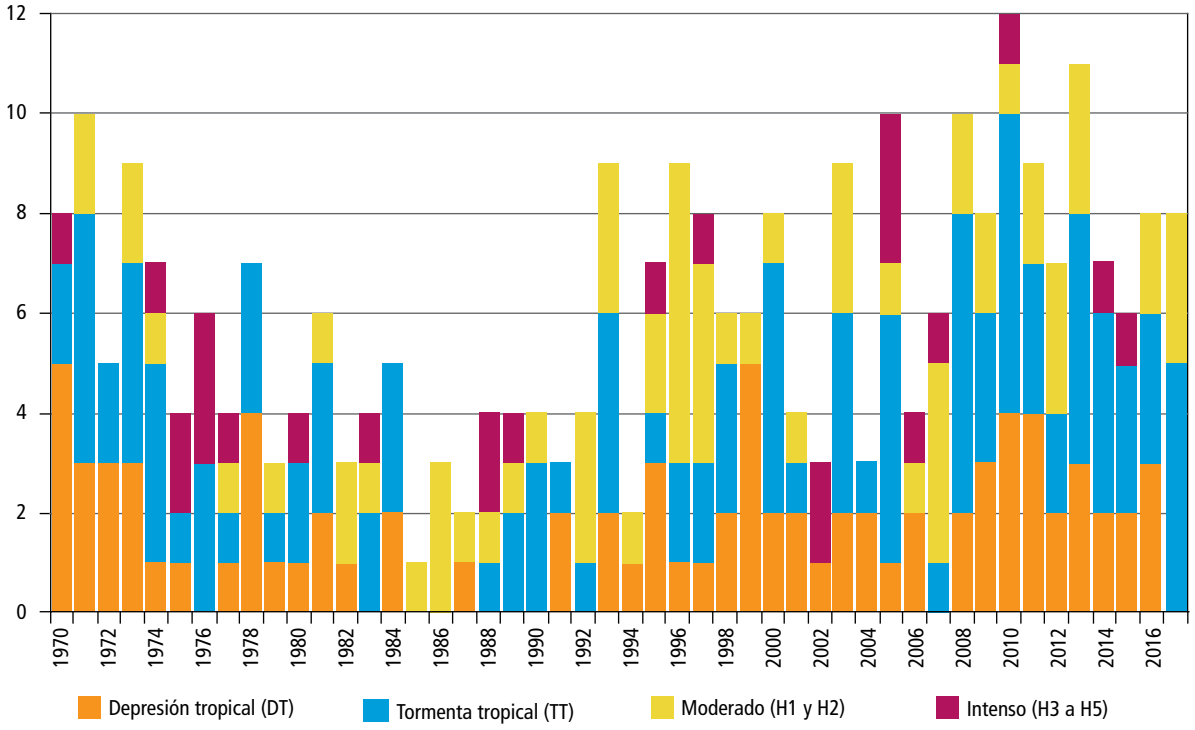
Ciclones tropicales

La gran extensión de sus costas y su ubicación entre latitudes medias y tropicales favorece la influencia de la zona de convergencia intertropical durante la temporada de huracanes. Esto hace que el país sea constantemente impactado por fenómenos hidrometeorológicos como ciclones tropicales, que llegan a afectar más del 60% del territorio nacional.

Las temporadas de ciclones tropicales son generalmente de junio a noviembre en el Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México, y de mayo a noviembre en el Océano Pacífico. Entre 1970 y 2017 impactaron las costas de México 269 ciclones tropicales (**Figura 1.6**). Con el cambio climático, se espera que estos fenómenos sean más intensos y con mayores impactos para la población, la infraestructura y los recursos naturales.

Los impactos económicos y sociales provocados por estos fenómenos han sido muy significativos y con mayor incidencia que los desastres de origen geológico. Por ejemplo, los huracanes Emily, Stan y Wilma que ocurrieron en 2005 tuvieron un impacto acumulado de $64,262.4 millones de dólares (mdd) y en 2013 los huracanes Ingrid y Manuel tuvieron un costo de $61,519.7 mdd (CENAPRED, 2015) (para más información véase el capítulo 5 "Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático").

Figura 1.6 **Ciclones tropicales que han impactado México, 1970-2017**



Fuente: CONAGUA (2017a).

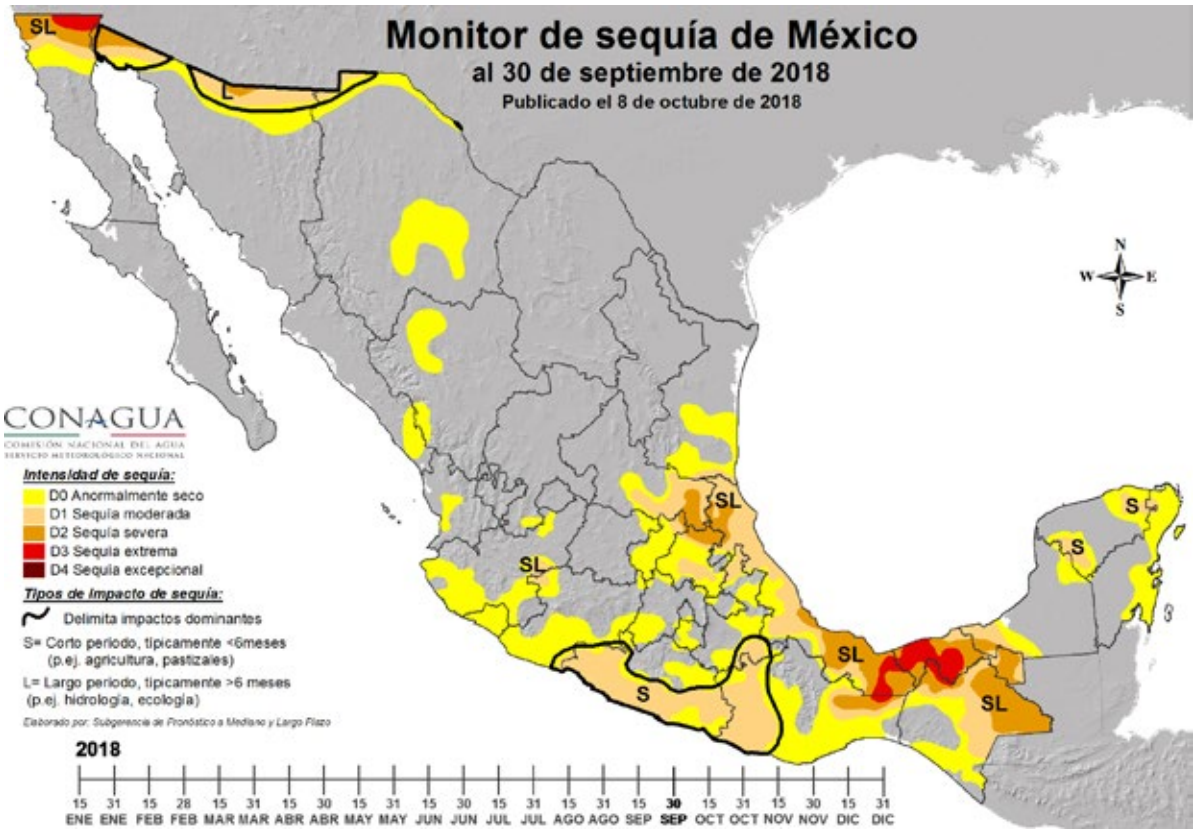
Sequías

La sequía se considera una condición climática temporal, en la cual el nivel de la precipitación es significativamente menor al normal, lo que puede ocasionar serios desequilibrios hidrológicos que afectan negativamente a los sistemas ecológicos y productivos.

En México, el periodo en que generalmente se presenta la sequía inicia en noviembre y concluye cuando inicia la temporada de lluvias, entre mayo y junio. En las últimas décadas se han presentado severos periodos de sequía: entre 2000 y 2003, en 2006, entre 2007 y 2008, en 2009 y entre 2010 y 2012 (**Figura 1.7**). En mayo de 2011, más del 90% de la superficie del país se consideraba afectada por la sequía. En 2014 y 2015 el porcentaje de superficie fue menor al 50% de la superficie nacional.

Entre 2010 y 2015, 45% del territorio sufrió cuando menos dos años de sequías (no necesariamente consecutivos), principalmente en la mitad del norte del país y casi en la totalidad de la Península de Yucatán (SEMARNAT, 2016) (véase el capítulo 5 "Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático").

Figura 1.7 **Área afectada con sequía en México, septiembre 2018**



Fuente: CONAGUA (2017b).

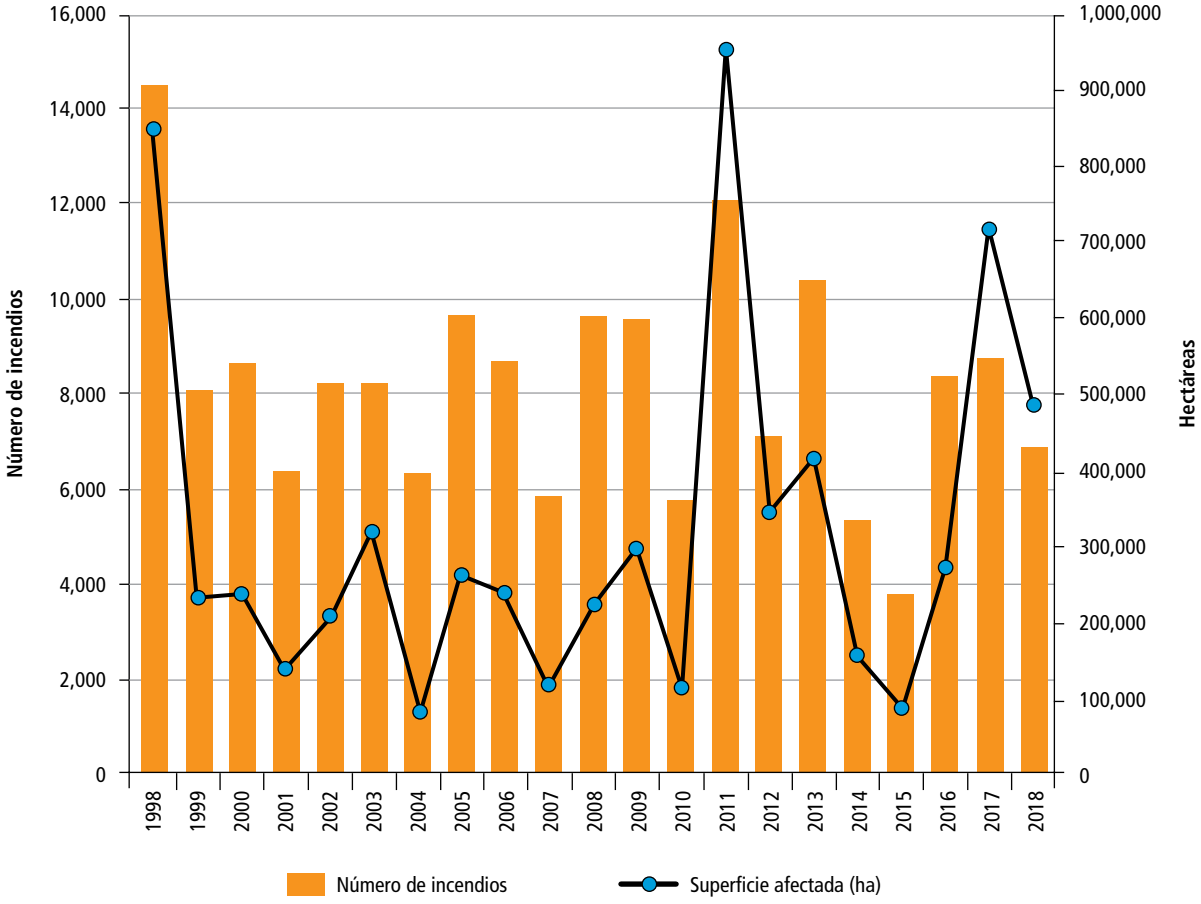
Incendios forestales

En 2012 se registraron 7,065 incendios forestales en el territorio nacional, y hasta septiembre de 2018 se han registrado 6,839. El registro más bajo se dio en 2015 con 88,538 hectáreas (ha) afectadas, y el peor año fue 2017, con 726,361 ha (CONAFOR, 2018).

En la **Figura 1.8** se puede observar que los años que han presentado mayor número de incendios en el periodo 1998 a 2018, son 1998 y 2011, que es cuando se han presentado después de una intensa sequía asociada a condiciones de El Niño.

Dada esta situación, desde hace décadas se ha desarrollado una estrategia general de prevención y control de incendios forestales, sistematizada a través del Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales, y en cuya aplicación participan instituciones de los tres órdenes de gobierno, organismos civiles y voluntarios. Su instrumentación y coordinación corresponde a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2018).

Figura 1.8 **Número de incendios y superficie afectada, 1998-2018***



*1998-2017, datos al cierre del 1 de enero al 31 de diciembre; 2018, datos del 1 de enero al 20 de septiembre

Fuente: CONAFOR (2018).

Recursos hídricos

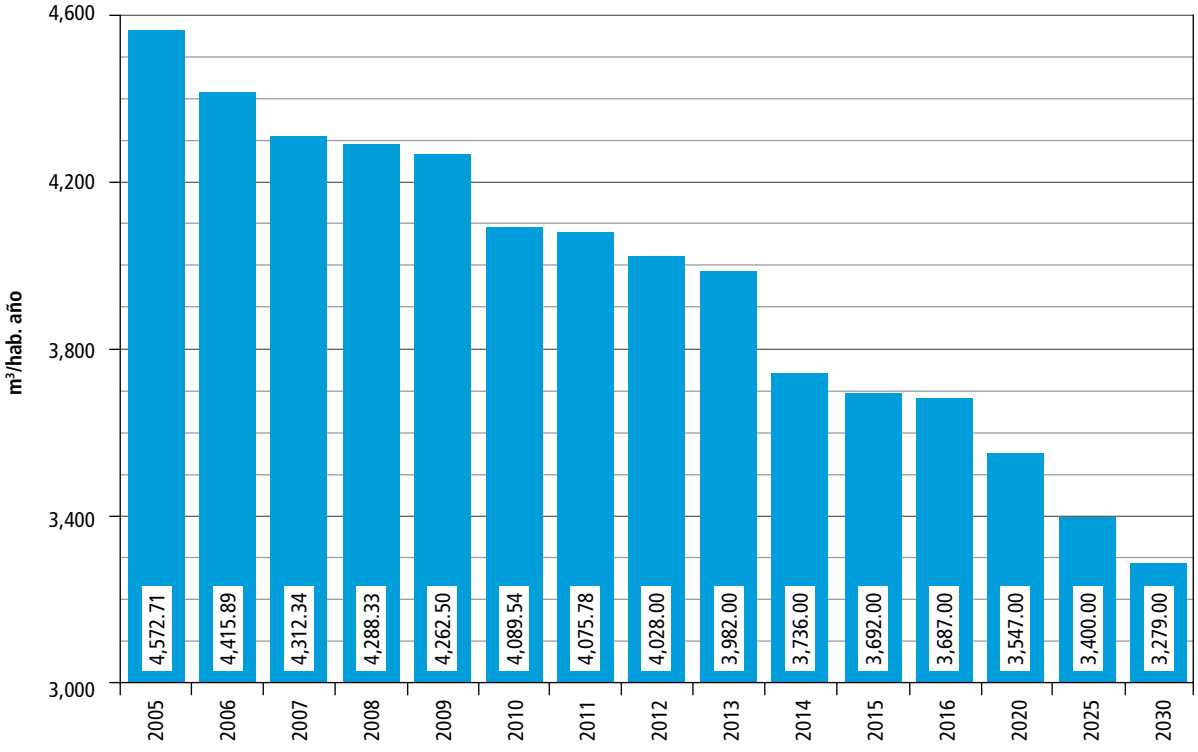
Las cuencas de los principales ríos cubren 65% del territorio nacional y por ellos fluye 87% del escurrimiento superficial. México tiene 757 cuencas hidrológicas, organizadas en 37 regiones hidrológicas que se agrupan en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA). En 2016, 649 cuencas tenían disponibilidad del recurso y 108 estaban en déficit. Las fuentes superficiales aportan el 61% del agua para usos consuntivos.

Respecto de las aguas subterráneas, éstas están divididas en 653 acuíferos que aportan el 39% del volumen para usos consuntivos. En 2016, 105 se clasificaron como sobreexplotados y se identificaron 18 acuíferos con problemas de intrusión salina (CONAGUA, 2017a).

En términos de uso, en 2016 la distribución de los volúmenes concesionados fue la siguiente: 76% para el sector agrícola, 15% para abastecimiento público, el 5% para energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad) y el 4% para la industria autoabastecida.

En 2014, México tenía un total de 447,260 hectómetros cúbicos (hm^3)/año de agua renovable[1] y 3,736 m^3/hab/año (**Figura 1.9**) (CONAGUA, 2017). Los valores, sin embargo, son muy variables, pues en la región de la frontera sur éstos llegan a 19,078 m^3/hab/año y a 150 m^3/hab/año en el Valle de México. Según las estimaciones actuales, el agua renovable per cápita alcanzará, en el año 2030, niveles cercanos o incluso inferiores a 1,000 m^3/hab/año por el aumento de población. Esto se considera escasez (CONAGUA, 2017a).

Figura 1.9 **Proyecciones de agua renovable per cápita en México, 2005-2030**



Fuente: CONAGUA (2017a).

[1] Se le denomina *agua renovable* a la cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente en un país sin alterar el ecosistema y que se renueva por medio de la lluvia (CONAGUA, 2017c).

Ecosistemas

Los factores geográficos y climáticos de México han generado las condiciones adecuadas para que la mayoría de los ecosistemas terrestres y acuáticos reconocidos en el planeta existan en el territorio nacional (Rzedowski, 2006; Dinerstein *et al.*, 1995). Esta diversidad hace que México sea uno de los países megadiversos, donde habitan miles de especies de diversos grupos taxonómicos, muchas de las cuales muestran alta variabilidad genética y son endémicas.

Los principales ecosistemas naturales de México se distribuyen, según la superficie que ocupan, en el siguiente orden: matorrales xerófilos (508,958 km^2), bosques templados (323,305 km^2), selvas secas (164,357 km^2), selvas húmedas (151,511 km^2), pastizales (103,159 km^2), bosques nublados (18,252 km^2), manglares (7,700 km^2) y cuerpos de agua (13,529 km^2) (**Figura 1.10**) (CONABIO, 2018). Todos estos ecosistemas tienen porcentajes de pérdida, algunos muy elevados como los manglares (46.6%), los bosques nublados (40.9%) o las selvas húmedas (40.5%).

Ecosistemas costeros

México es uno de los países con mayor extensión de manglares. En 2015 se calculó que ocupaban 775,555 ha. Estos ecosistemas se encuentran ubicados en los 17 estados costeros y ocupan 37% de

Figura 1.10 **Localización de los ecosistemas en México**

Fuente: CONABIO (2018).

la línea de costa del país. En la Península de Yucatán se encuentra el 54.4%, en el Pacífico Norte 24.2%, en el Golfo de México 11.2%, en el Pacífico Sur 9.3% y en el Pacífico Centro 0.9% (CONABIO, 2018). Las cuatro especies de mangle que predominan en México son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y el mangle negro (*Avicennia germinans*), Además se han registrado dos especies: *Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonnii* (CONABIO, 2009). Se puede consultar información específica sobre estos ecosistemas y su potencial para la mitigación y adaptación al cambio climático en el portal institucional de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Los arrecifes se distribuyen en tres zonas de ambas costas: la del Pacífico, donde se encuentran presentes en prácticamente todos los estados con litoral en ese océano: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca); la del Golfo de México, en las costas de Veracruz y Campeche; y la costa oriental de la Península de Yucatán, en donde se encuentra una parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, el "Sistema Arrecifal Mesoamericano". La superficie estimada que ocupan los arrecifes mexicanos es de aproximadamente 1,780 km^2 (CONABIO, 2018). Estos ecosistemas son una protección natural contra el impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Por su parte, los pastos marinos se encuentran en todos los mares que rodean al país. En el Pacífico mexicano hay cuatro de las nueve especies de pastos, principalmente en las costas de Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. En el resto de los estados no hay registros de pastos marinos debido a que la plataforma continental está muy reducida y no hay aguas someras. En el Golfo de México y Mar Caribe hay pastos desde Tamaulipas hasta el sistema arrecifal de Yucatán, con cinco de las nueve especies registradas en México.

Regiones áridas y semiáridas

Aproximadamente el 60% del territorio de México está ocupado por zonas áridas y semiáridas (Montaño *et al.*, 2016), con aproximadamente 6,000 especies de flora fanerogámica y un recambio de especies muy alto (CONABIO, 2008). Existen dos regiones áridas —Sonorense, Chihuahuense—, y tres semiáridas —Tamaulipeca, Centro-Hidalguense y Poblano-Oaxaqueña— distinguibles entre sí por sus características ecológicas y climáticas (**Figura 1.11**) (Olson *et al.*, 2002) (véase el capítulo 5 "Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático").

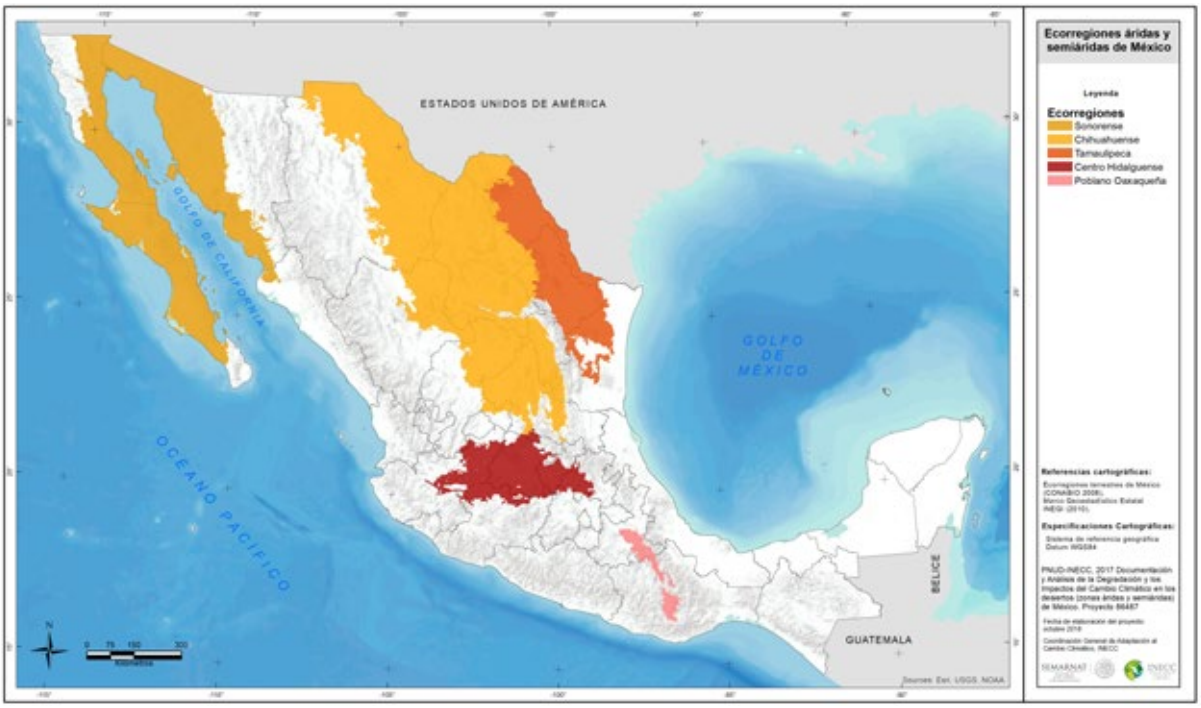
Biodiversidad

México se encuentra entre los 12 países llamados megadiversos y ocupa el quinto lugar entre éstos, por el número de especies animales y vegetales que alberga, muchas de las cuales son endémicas. Diversas estimaciones indican que en el país existen de 10 a 12% de las especies del mundo. De acuerdo con este cálculo, la cifra de especies estaría entre 180,000 y 216,000 del total mundial (1.8 millones) hasta ahora descritas.

Se conoce la existencia de cerca de 65,000 especies de invertebrados, 5,512 de vertebrados (10% de las conocidas en el mundo), cerca de 1,150 aves (onceavo lugar mundial), 864 especies de reptiles (segundo lugar mundial), 564 de mamíferos (tercer lugar mundial) y 361 de anfibios (quinto lugar mundial) (SEMARNAT, 2012a). En cuanto a la flora, el país se ubica entre los cinco con mayor número de especies de plantas y el onceavo en plantas vasculares.

Por su parte, el Territorio Insular Mexicano (TIM) alberga al 8.3% de todas las plantas vasculares y vertebrados terrestres del país (CONABIO, 2007; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008) y concentra 14 veces más especies endémicas por unidad de superficie que la porción continental (Aguirre Muñoz *et al.*, en prensa).

Figura 1.11 **Ecorregiones áridas y semiáridas de México**



Fuente: INECC-PNUD (2017).

Conservación y protección del capital natural

Debido a la importancia de los ecosistemas que hay en el país y de su biodiversidad, México cuenta con diversos mecanismos de conservación *in situ*, tales como el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (ANP), las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), el pago por servicios ambientales y los ordenamientos ecológicos (Pisanty, Urquiza-Haas, Vargas-Mena y Amezcua, 2016). También ha formulado estrategias nacionales sobre biodiversidad, la última conocida como ENBioMex, y Plan de Acción 2016-2030, conservación vegetal (Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal [EMCV]), especies invasoras, islas, entre otras, y cuenta con el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad que compila la información sobre la biodiversidad y los recursos biológicos de México, desarrolla el inventario nacional de especies y, en diciembre de 2017, en el marco de la COP13 del Convenio de Diversidad Biológica realizado en Cancún, México, se lanzó el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad.

En particular las ANP aumentan la capacidad de adaptación de los ecosistemas y las comunidades aledañas a los efectos del cambio climático y contribuyen a la captura y almacenamiento de carbono (CONANP, 2010). En 2012 había en el país 176 ANP con una superficie de conservación de 24.9 millones de ha (11.9% del territorio nacional); para 2018 las ANP se incrementaron a 182, con una superficie de 90.8 millones de ha (**Tabla 1.1**). Este aumento en el número de áreas protegidas, que llevó a 44.8% del territorio a estar bajo alguna categoría de protección, contribuye al cumplimiento del Plan Estratégico 2011-2020 del Convenio de Diversidad Biológica y de las metas de Aichi que México ha asumido como Estado Parte del mismo. De hecho, en 2016 México cumplió con la meta de superficie marina protegida establecida en 10%, con una cobertura de 69 millones de ha, que equivalen al 22%. En las áreas terrestres se tienen 21.3 millones de ha (**Figura 1.12**).

Tabla 1.1 Áreas naturales protegidas decretadas entre los años 2012 y 2018

Año	2012	2018
Número de ANP decretadas (acumulado)	176	182
Superficie decretada (en ha acumuladas)	24,982,428	90,839,521
Superficie de áreas marinas (en ha acumuladas)	4,234,682	69,458,613
Porcentaje de superficie marina protegida	1.34	22.05
Superficie de áreas terrestres en ha	20,747,746	21,380,909
Porcentaje de superficie terrestre protegida	10.58	10.91

Fuente: Elaboración INECC, a partir de datos obtenidos de CONANP (2018) y SEMARNAT (2018a).

En 2017 el Gobierno Federal decretó la creación del Parque Nacional Revillagigedo, conformado por cuatro islas del Océano Pacífico, frente a las costas del estado de Colima, que se convirtió en el parque nacional más grande de Norteamérica.

Humedales de importancia internacional (sitios Ramsar)

Los humedales de importancia internacional, mejor conocidos como Sitios Ramsar, son áreas que han sido reconocidas internacionalmente por cumplir con los criterios establecidos por la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención Ramsar), de la que México es parte. Actualmente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) atiende 142 sitios inscritos por México en esta Convención, los cuales tienen una extensión total de 8,657,057 ha México ocupa el segundo lugar a nivel mundial.[2]

Situación sociodemográfica

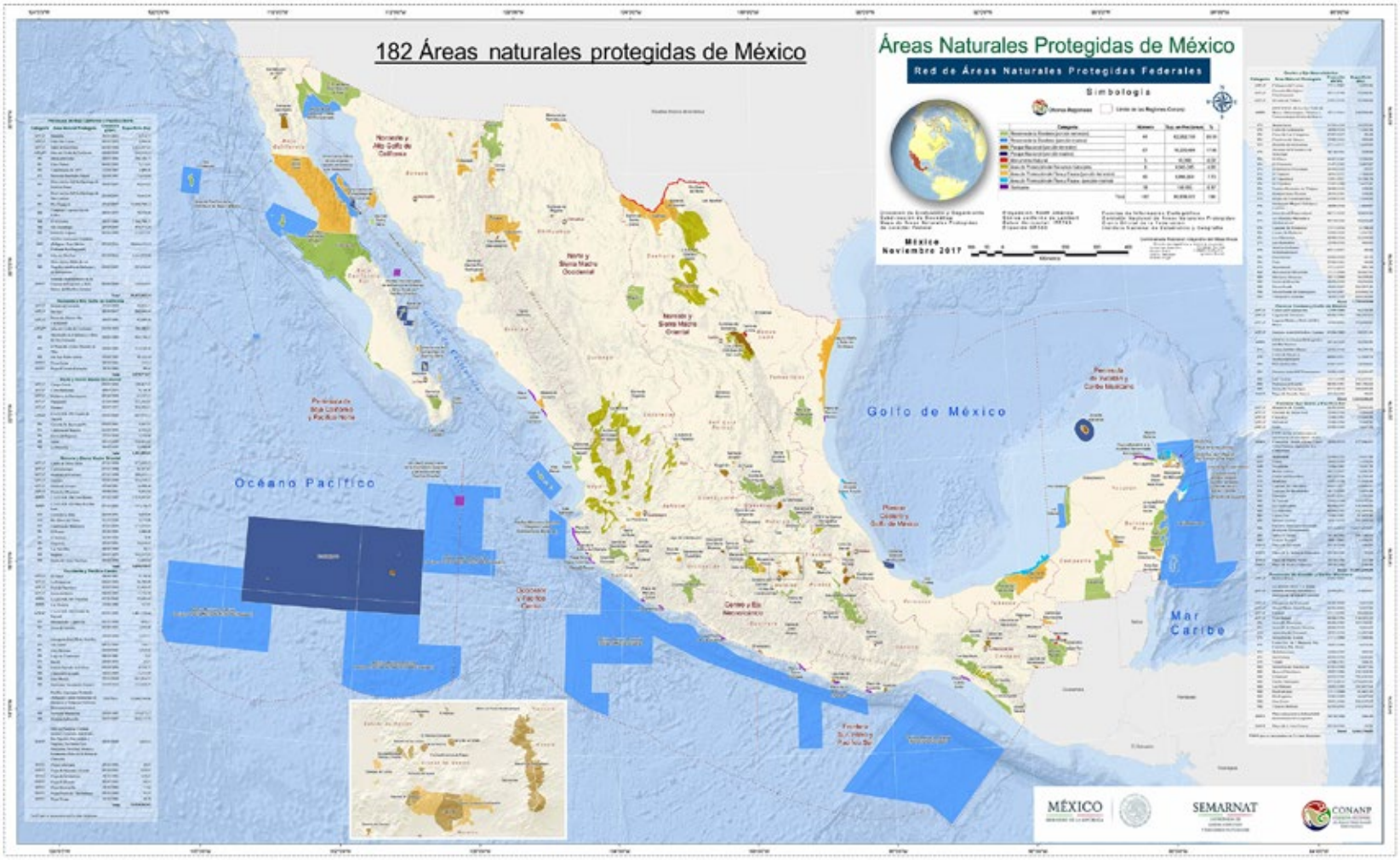
Características demográficas

En 2016, México tenía 122.3 millones de habitantes (CONAPO, 2018). Ello correspondió a 1.7% de la población mundial, estimada para ese año en 7,550 millones (ONU, 2017). El 51.2% de la población total eran mujeres. Respecto de la población indígena, existen diversas metodologías para identificarla, por lo que hay una variación en las cifras, según la que se utilice. En 2015, 26 millones (21.5%) se consideraban indígenas de acuerdo con su cultura, historia y tradiciones, aunque sólo 7.9 millones (6.5%) hablaba alguna lengua indígena (CONAPO, 2016).

Las tasas de crecimiento medio anual han disminuido, pasando de 1.65 en el periodo 1990-1995 a 0.99 en el periodo 2010-2015 (**Figura 1.13**) (INEGI, 2015). Las proyecciones demográficas estiman que, en 2050, la población mexicana será de aproximadamente 150 millones de habitantes (CONAPO, 2018).

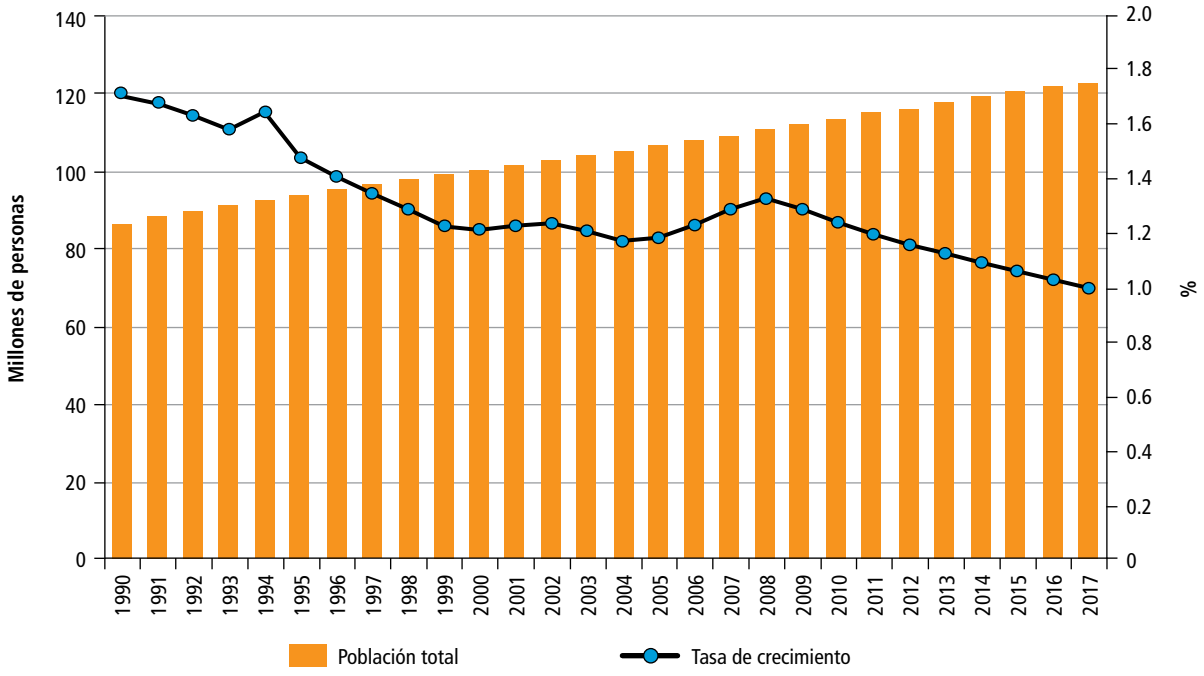
El país se encuentra en una fase avanzada de transición demográfica con tasas de mortalidad y fecundidad que tienden a valores bajos. La tasa de mortalidad infantil por cada 1,000 nacimientos bajó de 13.3 en 2012 a 12.5 en 2016, y la razón de mortalidad materna por cada 100,000 nacidos vivos ha bajado de 42.3 a 38.9 en el periodo (SS, 2015). A pesar de estos avances, el país enfrenta problemas de salud por padecimientos como diabetes mellitus —desde el año 2000 es la primera causa de muerte entre las mujeres y la segunda entre los hombres—, enfermedades del corazón, cerebrovasculares, enfermedades del hígado e infecciones respiratorias. Estos padecimientos, entre otros factores, están relacionados con las condiciones de nutrición, los hábitos y las condiciones sanitarias de la población. Por ejemplo, según la OCDE, México

Figura 1.12 **Áreas naturales protegidas de México, 2018**



Fuente: CONANP (2018).

FIgura 1.13 Población y tasa de crecimiento en México, 1990-2016



Fuente: CONAPO (2017).

tiene la más alta proporción general de población con sobrepeso u obesidad (73%) de los países que conforman esa organización y la cobertura de la población por el seguro de salud, es menor que el promedio de la ocde, aunque ha mejorado significativamente con el tiempo debido a las reformas del Seguro Popular (OCDE, 2017).

La estructura de la población por edades muestra el proceso de envejecimiento que experimenta la población mexicana. En 2015, la población mayor de 65 años representó 7.2 % de la población total y la edad mediana de la población ha ido en aumento en las últimas décadas, pasando de 22 años en el año 2000, a 27 en 2015. En 2017, la esperanza de vida promedio era de 75[2] años (72.6 para hombres y 77.8 para mujeres) (CONAPO, 2017).

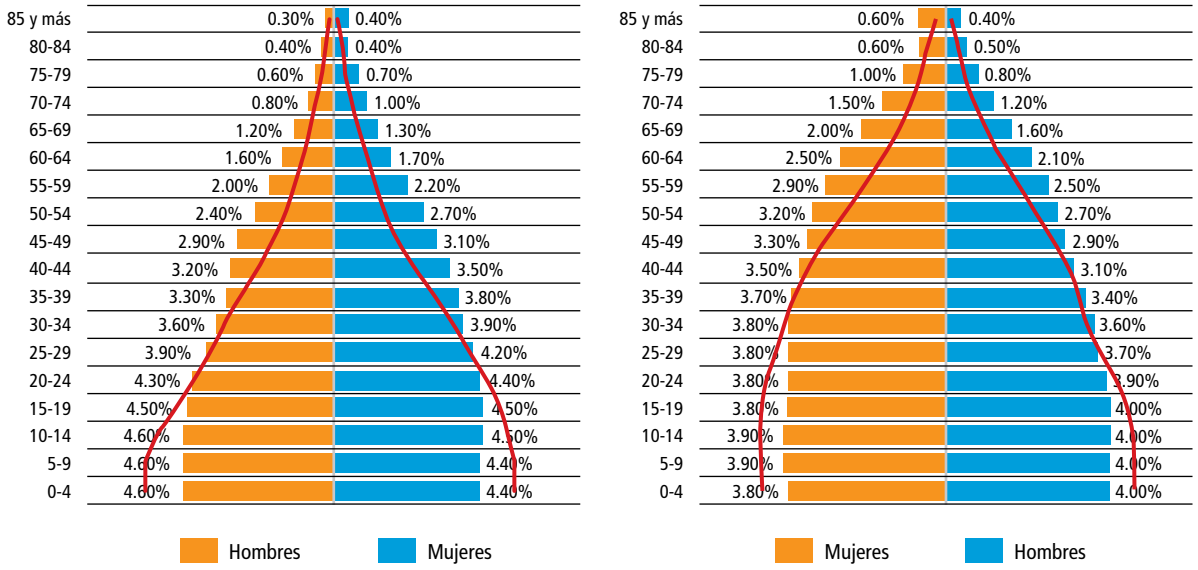
La comparación de las pirámides de población construidas para 2017 y 2030 revela que continuará el descenso paulatino en la fecundidad y la mortalidad, el cual se traducirá en modificaciones de la estructura por edad y sexo de la población (**Figura 1.14**).

No obstante el proceso de envejecimiento, se puede considerar que México continuará siendo en 2030 un país con una proporción importante de población joven, pues las barreras de la base de la pirámide (0 a 19 años de edad) para dicho año son más amplias que las de los grupos de edades superiores.

En relación a la educación, la población mexicana, en promedio, está elevando su nivel educativo de generación en generación, pero con avances desiguales tanto entre entidades federativas como entre quienes están en condiciones de vulnerabilidad y/o pobreza. De 1990 a 2015, el porcentaje de analfabetismo disminuyó de 12.4 a 5.5% a lo largo del territorio nacional, aunque se observa una relación inversa entre grado de desarrollo del estado y porcentaje de analfabetismo: en aquellos con un contexto socioeconómico desfavorable como Chiapas, Guerrero y Oaxaca los porcentajes de analfabetismo fueron altos (14.3, 13.6 y 13.3%, respectivamente), mientras que en entidades con mayor desarrollo, los porcentajes son menores:

[2] Consultado en: https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sitios-ramsar

Figura 1.14 Población según grupos quinquenales de edad y sexo, 2000-2017 y 2017-2030



Izquierda: 2000-2017. Derecha: 2017-2030. Estimaciones a mitad de año.

Fuente: CONAPO (2017a).

1.5% en la Ciudad de México, 1.6% en Nuevo León y 2.0% en Baja California (INEE, 2018).

El grado de escolaridad promedio también muestra un aumento continuo en las últimas décadas. Mientras que en 1960 la población de 15 años o más alcanzó una escolaridad promedio de apenas 2.2 grados, en 2015 esta se incrementó a 9.2 (9.1 en mujeres y 9.3 en hombres), equivalente a secundaria terminada. También en este caso existen diferencias importantes en función del nivel de desarrollo de la entidad y las condiciones socioeconómicas de las personas, por ejemplo, la población hablante de lengua indígena.

A pesar de estas desigualdades, los avances alcanzados son positivos, ya que la alfabetización y el nivel de escolaridad son considerablemente mayores en las generaciones más jóvenes que en las de mayor edad (INEE, 2018).

Distribución y densidad de población

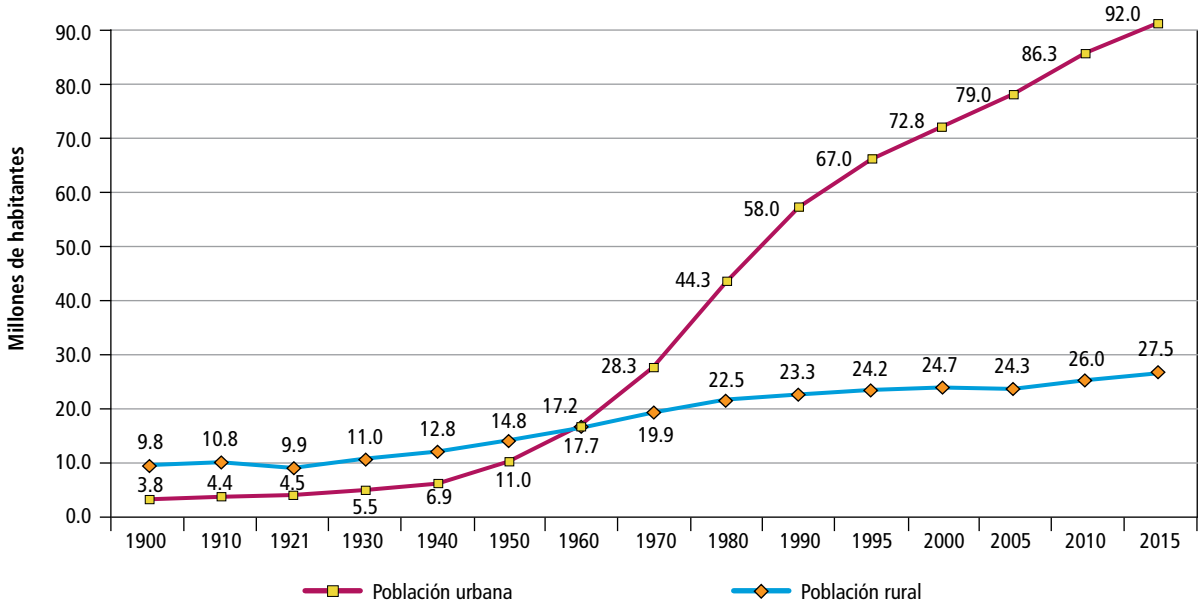
La distribución geográfica de la población en México se ha caracterizado por la marcada concentración de personas en pocas ciudades y áreas metropolitanas, y la dispersión de gran cantidad de poblaciones con menos de 2,500 habitantes a lo largo del territorio nacional.

El proceso de transición urbano-rural se ha consolidado en las últimas décadas, y hoy en día México es un país predominantemente urbano (**Figura 1.15**). En 2015, la población que residía en localidades de 15,000 o más habitantes representaba el 77% de la población total (INEGI, 2015b).

Entre 1990 y 2017, la densidad de población a nivel nacional pasó de 44.3 a 61 hab/km^2. Las regiones demográficas más densas se concentran en el centro del país, y el norte es la zona menos densa (**Figura 1.16**).

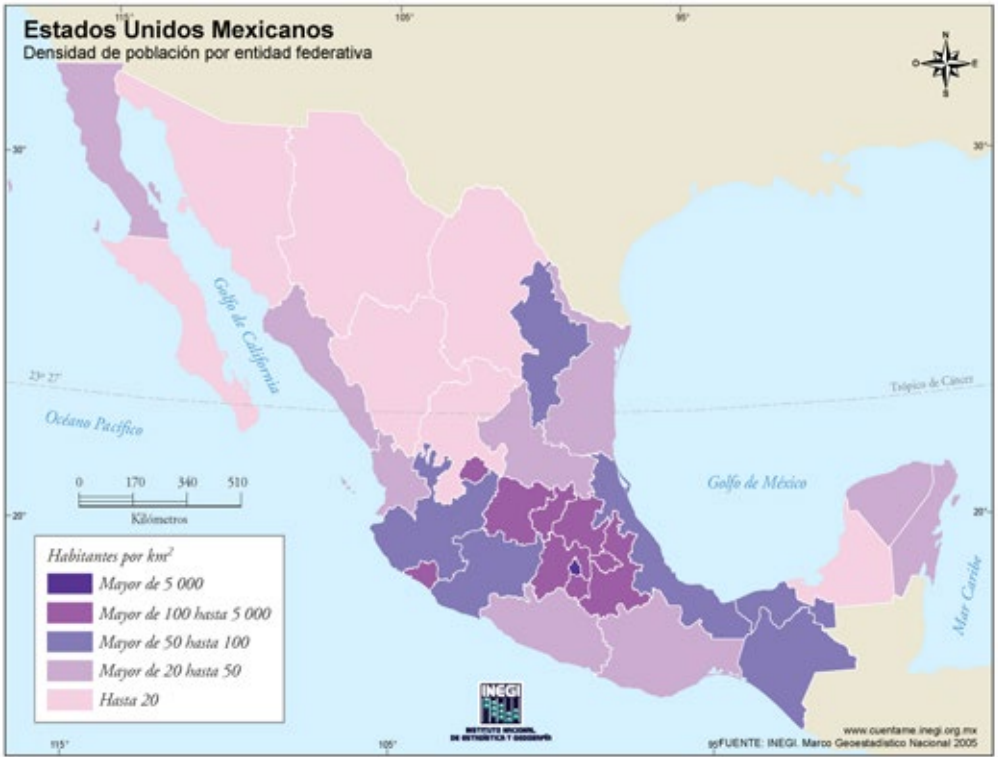
En 2016 había 31.9 millones de hogares registrados (INEGI, 2015d), 13% más que en 2010, cuando la cifra fue de 28.1 millones. El número de habitantes por hogar ha experimentado una disminución importante. Mientras que en 2005 las viviendas con un solo ocupante eran 1.7 millones, en 2010 el número creció a 2.4 y para 2015 llegó a 3.2. Ese año, el 27.3% de los hogares tenía jefatura femenina.

Figura 1.15 **Evolución de la población urbana y rural, 1900-2015**



Fuente: INEGI (1994, 2011 y 2015b).

Figura 1.16 **Densidad poblacional por entidad federativa, 2015**



Fuente: INEGI (2015b).

En el 2015 el 98.7% de los hogares disponía de energía eléctrica (INEGI, 2015d), y 73.3% tenía agua potable dentro de la vivienda (CONEVAL, 2016).

Emisiones per cápita

El crecimiento de la población urbana de México ha convertido a las ciudades en uno de los principales contribuyentes a la aceleración del cambio climático en razón de las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de combustibles fósiles y de la generación de aguas residuales y residuos sólidos.

En 2015, tomando en cuenta la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2015, México registró emisiones de CO_2 per cápita de 3.61 toneladas métricas (Tm) por habitante, 14.2% mayores a las que tenía en 1993 (para mayor información véase el capítulo 2 "Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero"). La población concentrada en localidades urbanas representó 77% de las emisiones en 2015, frente a 71% de lo estimado en 1990 (INEGI, 2015b, 2017).

Desarrollo humano

Según el Índice de Desarrollo Humano (IDH), elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en las últimas décadas ha habido un aumento en el país en las dimensiones de esperanza de vida, educación y riqueza. En 1990 el IDH de México era de 0.648, mientras que en 2015 aumentó a 0.762, con lo que se ubicó al país en el lugar 77 dentro del grupo de países con un IDH alto (PNUD, 2017). Sin embargo, los datos regionales y municipales muestran que persiste una elevada desigualdad.

De acuerdo con el IDH estatal, calculado por última vez para México en 2012, solamente la Ciudad de México (0.830) se incluye en la categoría de muy alto desarrollo humano, y ninguna entidad se clasifica en la de bajo desarrollo. Los estados de Guerrero (0.679), Oaxaca (0.681) y Chiapas (0.667) registran los índices más bajos y se ubican entre las entidades con desarrollo humano medio y el resto en las de alto (PNUD, 2015).

En el ámbito municipal, en 2010, persistió una gran desigualdad en el desarrollo de México: 72.5% de los municipios tienen un nivel de desarrollo inferior al promedio mundial (0.690) y existe una amplia brecha entre los municipios con mayor y menor IDH. La delegación con el mayor nivel (0.917) Benito Juárez se encuentra en la Ciudad de México y tiene valores similares a los de los Países Bajos, mientras que el nivel del municipio de Cochoapa el Grande, en el estado de Guerrero (0.362), es muy similar al de países africanos como Liberia o Guinea-Bissau (PNUD, 2014).

De lo anterior se concluye, que si bien México es un país con desarrollo humano alto, cuando se hace un análisis por entidad federativa, la visión municipal muestra una realidad de desigualdad que persiste a nivel local.

Pobreza y desigualdad

México enfrenta significativos niveles de pobreza, desigualdad y exclusión social que no se corresponden con el grado de desarrollo alcanzado por el país. La pobreza ocupa una amplia extensión social y territorial y, junto con las desigualdades de género, constituye uno de los mayores obstáculos para detonar un desarrollo incluyente en el país. Si bien la población en situación de pobreza sigue siendo muy elevada —43.6% de la población total en 2016—, en los últimos años se ha registrado una disminución, ya que en 2010 la población en esa situación representaba el 46.1%. De ésta el 44% eran mujeres. Asimismo, la población en situación de pobreza extrema pasó de 11.3% en 2010 a 7.6% en 2016 (CONEVAL, 2018).

Situación económica

Estructura y crecimiento de la economía

México ocupó la duodécima posición entre las economías más grandes del mundo en 2017, con un Producto Interno Bruto (PIB) en Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) de $2,344,197 millones de dólares internacionales, y en términos de PIB per cápita, el país alcanzó la posición 80 en el mundo (Banco Mundial, 2018).

Según cifras del Banco de México (BANXICO), en 2017, la economía mexicana creció 2.0% en relación con 2016, el nivel más bajo desde la publicación de la Quinta Comunicación Nacional. El terremoto de septiembre de 2017 fue una de las circunstancias que influyó en los resultados del crecimiento de ese año.

La contribución al PIB por sectores fue de 62.8% del sector terciario, 29.6% del sector secundario y 3.2% del sector primario. Los motores de la economía fueron el sector de servicios y el sector primario, que crecieron 3.0 y 3.3%, respectivamente (BANXICO, 2018a), seguido del sector agropecuario con 2.8%. Las industrias del sector secundario retrocedieron 0.6%, en su mayor parte debido al retroceso en la producción de productos derivados del petróleo y el carbón en 18.2% y de la construcción en 1.0%.

México se ubicó, en 2017, en el lugar 13 entre los mayores productores de petróleo a nivel mundial y también ocupó el decimotercer sitio entre los exportadores de este producto. La disminución de la producción petrolera de México por la declinación de sus principales yacimientos hizo que el país pasara de producir 3.3 millones de barriles de diarios (mdbd) en 2004 a 1.7 mdbd en 2017 (SENER, 2018).

México posee una gran variedad de recursos naturales que también favorecen el desarrollo de otras actividades productivas, como las relacionadas con la generación de energías renovables. Entre las fortalezas del país destacan las siguientes: generación potencial de energía eólica calculada en 40,268 megawatts (MW); generación potencial de energía hidroeléctrica estimada en 53,000 MW, y generación potencial de energía geotérmica prevista en 10,664 MW (SENER, 2018).

Reformas estructurales

A partir de 2012 se han establecido nuevas medidas y reformas estructurales orientadas a mejorar la productividad, la competitividad y la flexibilidad de la economía, como respuesta a un crecimiento limitado por la baja productividad, además de la necesidad de modernizar las estructuras y leyes que regulan la vida económica. Los sectores a los que se han aplicado dichas reformas son:

- Educativo;
- energético;
- laboral;
- fiscal;
- financiero, y
- telecomunicaciones.

Estas estrategias han producido algunos resultados, como son la transformación del sector eléctrico a una matriz con una tasa de crecimiento elevada de las energías renovables. Por otro lado, la apertura comercial, la inversión extranjera directa, la integración en las cadenas globales de valor y los incentivos a la innovación han impulsado las exportaciones, en especial las de automóviles (OCDE, 2017).

Empleo

La Población Económicamente Activa (PEA) en 2016 fue de 59.7 millones de personas, de las cuales 94.5% se registraron como ocupadas (INEGI, 2018b). De este porcentaje, el 43.9% eran mujeres. Pese a la relativamente baja tasa de desocupación nacional, 4.9% en 2013 y 3.4% en 2014, la informalidad,

el crecimiento débil en los empleos formales y la precariedad en los mismos son una situación que impide tener tasas más altas de crecimiento en el PIB. Alrededor de 58% de la población que se registra como ocupada en México tiene empleos informales, que se caracterizan por ser poco productivos, con baja remuneración y sin acceso a la seguridad social. El cálculo entre 2012 y 2016 de la aportación del sector informal al PIB osciló entre 23.4% y 22.6% (INEGI, 2017).

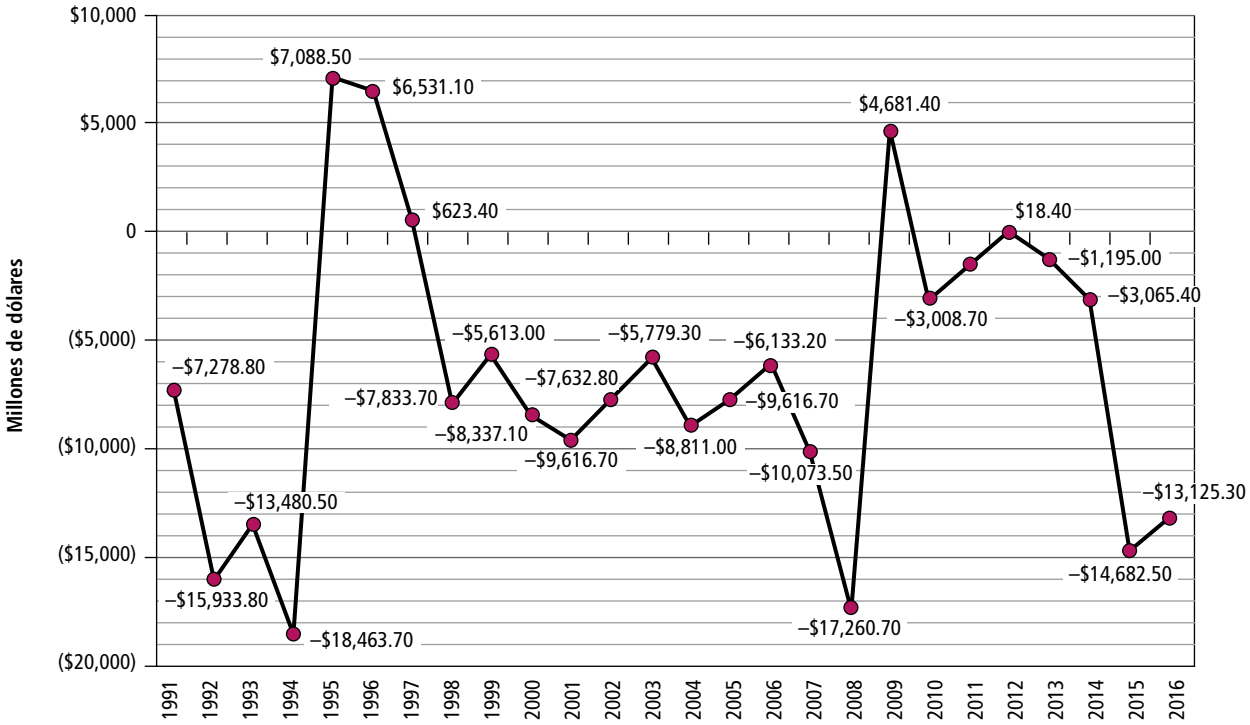
La participación femenina en la fuerza de trabajo para el grupo de edad de 15 a 64 años era en 2017 muy baja en comparación con otros países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (OCDE, 2017a).

Balanza comercial

México sostiene tratados comerciales de inversión y cooperación económica con más de 40 países, que en conjunto representan 75% del PIB mundial (OCDE, 2012). Como resultado de su apertura, en las dos últimas décadas, el país duplicó el valor de sus importaciones y exportaciones, que representan actualmente dos tercios del PIB nacional.

Desde 2013, la balanza comercial ha tenido un saldo deficitario persistente que en 2017 se situó en $10,875 mdd. Ese año el valor de las exportaciones fue de $409,494.2 mdd y el de las importaciones de $420,369.2 mdd. Las exportaciones no petroleras contribuyeron a la balanza con 94.2% y las petroleras con 5.8%. Por su parte, las importaciones agropecuarias representaron el 2.9%; las manufacturas, 86.8%; la industria extractiva, 10.3%, de las cuales los productos petroleros representan un 8.1%. El 79.8% de las exportaciones se dirigieron a los Estados Unidos de América y 46.3% de las importaciones provinieron de dicho país (**Figura 1.17**) (BANXICO, 2018a).

Figura 1.17 **Saldo de la balanza comercial de México, 1991-2016 (mdd)**



Fuente: INEGI (2018b).

Cuentas ecológicas

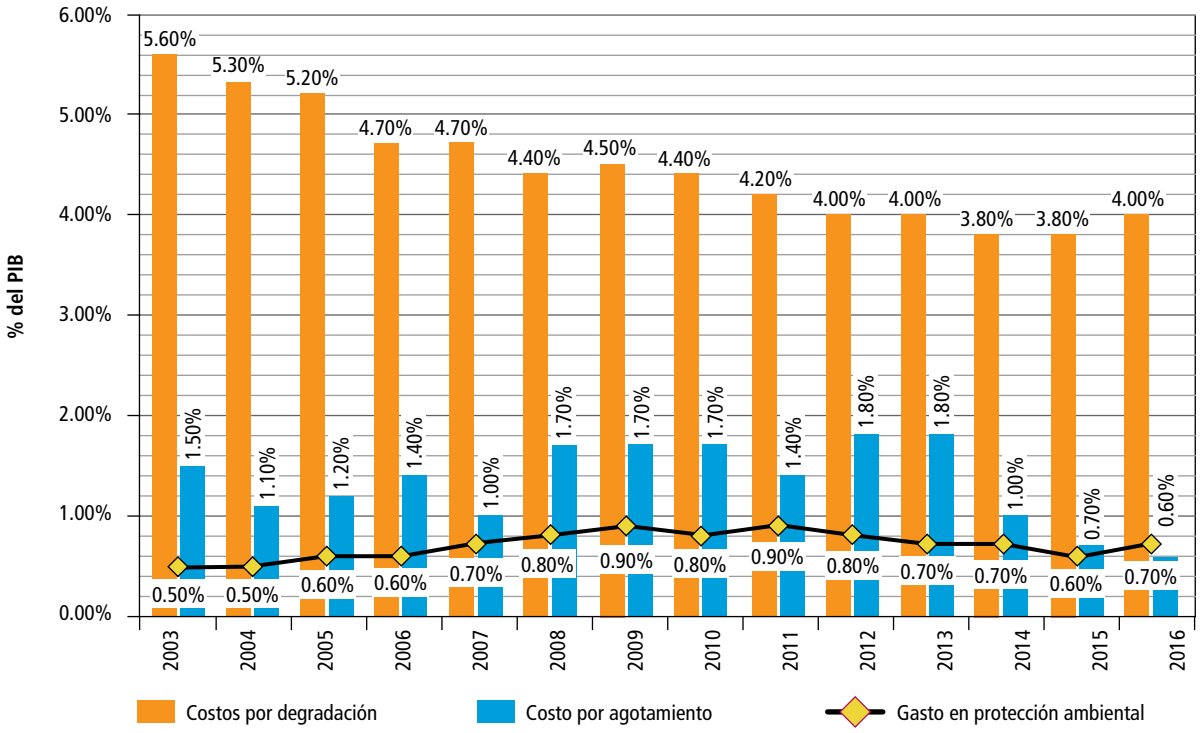
En decenios recientes, el agotamiento y la degradación de los recursos naturales mexicanos han tenido un costo superior al de su crecimiento económico y al gasto en protección ambiental. México ha tomado distintas medidas para cambiar esta situación; entre ellas: reducir el subsidio a las gasolinas; crear el pago por servicios ambientales, y establecer mecanismos que permitan deducir inversiones verdes. Durante 2012 y 2016 el gasto en protección ambiental, compuesto por distintas erogaciones de los gobiernos a nivel federal, estatal y municipal, fluctuó entre $8,716 mdd y $7,872 mdd en 2016, manteniéndose cerca del 1% como proporción del PIB (INEGI, 2018c).

Los costos de remediación por el agotamiento y la degradación producidos por el consumo humano son contabilizados en los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA), los cuales toman en cuenta los balances y flujos de las pérdidas de recursos forestales, cambios en el uso de suelo, agotamiento de hidrocarburos y de recursos hídricos, además del costo por la contaminación del agua, suelo y aire (INEGI, 2018c). En 2016, el monto de los CTADA —que se incluye en el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM)— fue de $55,491 mdd, mientras que en 2012 fue de $63,177 mdd (**Figura 1.18**).

Economía baja en emisiones de carbono

México ha impulsado una reforma energética para transitar hacia un modelo de economía baja en carbono que contempla un mejor desempeño, un uso eficiente de los recursos, y socialmente incluyente.

Figura 1.18 **Costos por agotamiento y degradación ambiental como aporte del PIB, 2003-2016**



Fuente: INEGI (2018c).

También realizó reformas hacendarias en este tema y estableció un impuesto al consumo de combustibles fósiles, según el daño que causan al medio ambiente, y a plaguicidas, herbicidas y fungicidas en función de su toxicidad. Esta reforma contempla también estímulos para actividades ambientalmente responsables.

Sectores prioritarios

En 2015, México presentó su Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) con datos a 2013. Esta Comunicación incluye el nuevo INEGYCEI, que desarrolla la serie histórica de 1990-2015. En él se revisaron y actualizaron factores de emisión en todas las fuentes y además se incluyó al carbono negro, lo que amplía el alcance del Inventario.

Las subcategorías (sectores) que fueron analizadas son aquellas catalogadas como prioritarias por su consumo de energía, porque son fuentes de emisiones o porque representan un valioso recurso como sumideros de carbono. En este contexto, a continuación se presentan las principales características de dichos sectores.

Energía

El periodo 2012-2017 fue significativo para el sector energético nacional. Después de décadas de basar su desarrollo en un modelo de energía centralizado, el país inició un proceso de reforma. En 2013 se promulgó una enmienda constitucional —la Reforma Energética (RE)—, con el objetivo de modernizar una de las principales industrias nacionales con un nuevo modelo de producción y distribución de energía (Gobierno de la República, 2013). Como parte integral de la RE se encuentran la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y la Ley de Transición Energética (LTE), publicadas en 2015, y el hecho de que ese mismo año el país solicitó ingresar a la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), petición que fue aprobada en 2017.

Entre los objetivos de la RE vinculados con cambio climático destaca el impulso a mejores estándares de calidad y de transparencia para la industria energética, el fomento a la eficiencia energética y el uso de energías limpias y de bajo costo —sobre todo para las centrales eléctricas— y la búsqueda de un desarrollo responsable en lo social y lo ambiental, con mayor atracción de inversión y generación de empleos (SENER, 2017a).

La RE se instrumenta en dos etapas y algunos de sus elementos más importantes todavía están por introducirse. Las prospectivas, tanto del sector energético nacional como de la IEA, apuntan a que esta reforma eleve la producción de petróleo, incremente la participación de las fuentes renovables en la generación de energía, aumente la eficiencia energética y reduzca las emisiones de dióxido de carbono.

Por su parte, la LTE tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, sin afectar la competitividad de los sectores productivos. Esta Ley promueve la diversificación de las fuentes de energía en México, y con ello, la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Con base en la LTE se espera que la generación de energías limpias represente el 35% de la generación eléctrica total en 2024; el 37.7% en 2030 y el 50% en 2050. Por su parte, en materia de eficiencia energética, la meta es reducir la intensidad energética por consumo final en 1.9% en el periodo 2016 a 2030; y 3.7% en el periodo 2031 a 2050, con un promedio de 2.9% (SENER y CONUEE, 2014).

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), México es uno de los países en América Latina con mayor impacto de acciones y programas de uso eficiente de la energía. La intensidad energética primaria en el país, que mide cuánta energía se requiere para generar una unidad de valor de producción (normalmente medida a través del PIB), ha disminuido a una tasa media anual de 0.7% en los últimos 20 años.

En años recientes, dicha intensidad pasó de cerca de 16 ton de barriles de petróleo equivalente (BEP) por cada millón de pesos en 2013, a 14.4 en 2015. Presumiblemente, la tendencia decreciente

de la intensidad energética primaria ha inducido un proceso de desacoplamiento del crecimiento económico respecto del consumo nacional de energía. Dicho proceso se constata cuando se observa que el PIB creció 6.22%, mientras el consumo nacional de energía descendió 3.33% entre 2013 y 2015 (CEPAL y CONUEE, 2018).

Uno de los factores que ha abonado al desacoplamiento referido es el uso más eficiente de energía, tanto por las acciones emprendidas en el sector industrial, en respuesta al alza y volatilidad de los precios de los energéticos, como por las normas de eficiencia energética y los programas de recambio de las principales tecnologías consumidoras de energía en los sectores residencial y comercial (CEPAL y CONUEE, 2018).

Energía primaria[3]

México produce alrededor de 1.4% de la energía del mundo y es el decimoquinto productor a escala global. Además, ocupa el decimotercer lugar como exportador de petróleo con 2.8% (SENER, 2017b). Según el Sistema de Información Energética,[4] entre 2012-2016 se produjeron en promedio 8,588.3 petajoules (PJ)[5] de energía al año, con una aportación de los hidrocarburos de 86.8%, especialmente por el petróleo, que se mantiene como el principal energético del país. Durante ese mismo periodo, se produjeron, en promedio, 2.3 millones de barriles diarios (mdbd) de petróleo crudo y 6,296 millones de pies cúbicos diarios de gas natural (que es un energético de transición hacia un modelo de bajas emisiones).

Las reservas de hidrocarburos, probadas, probables y posibles, de todas las regiones del país, disminuyeron de 43,837.3 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MBPCE) en 2012 a 22,223 en 2017, principalmente debido al agotamiento de los principales campos —especialmente el Cantarell, en el estado de Campeche, cuya producción cayó 80% (IEA, 2017). No obstante, México aún tiene reservas de petróleo y gas disponibles que incluyen aquellas en aguas profundas y de fuentes alternativas.

De 2012 a 2016 la producción de energía a partir de carbón nacional decreció 18.2% al pasar de 310.8 PJ a 254.1 PJ. En total, el carbón y el coque de carbón aportaron 537.3 PJ de la oferta interna bruta de energía en 2012, mientras que para el final del periodo esta cantidad bajó a 520.6 PJ, lo cual representó una disminución de 3.1% (SENER, 2017a). Entre tanto, la oferta interna bruta de energía nuclear aumentó 20.3% en el periodo, subiendo de 91.3 PJ en 2012 a 109.9 PJ en 2016, con una participación total agregada de 1.2%.

A la producción de energía primaria contribuyeron también, aunque en menor medida, fuentes no fósiles, como las energías renovables (solar, eólica, geotérmica, hidroenergía y biogás, entre otras) y la energía nuclear (**Figura 1.19**). Estas fuentes de energía han incrementado ligeramente su participación dentro del sector energético nacional; por ejemplo, la energía nuclear, la geotérmica y la eólica (SENER, 2017a).

Entre 2012 y 2016, las energías renovables representaron, en conjunto, 7.3 % del total de energía producida agregada. De las fuentes disponibles, las principales fueron la biomasa —compuesta por leña y bagazo de caña—, la geotérmica y la hidráulica, con 4.1, 1.8 y 1.3%, respectivamente.

La importancia de estas fuentes de energía renovables ha aumentado paulatinamente dentro del sector energético mexicano: entre 2012 y 2016, la contribución en la oferta creció 5.3%, de 620.5 PJ a 654 PJ. Las fuentes que incrementaron su oferta interna bruta en estos años fueron la geotérmica, la eólica y la solar (18.3% para las tres), el biogás (5.5%) y la biomasa (2.7%), en tanto que la energía hidráulica disminuyó en 3.7% (SENER, 2018).

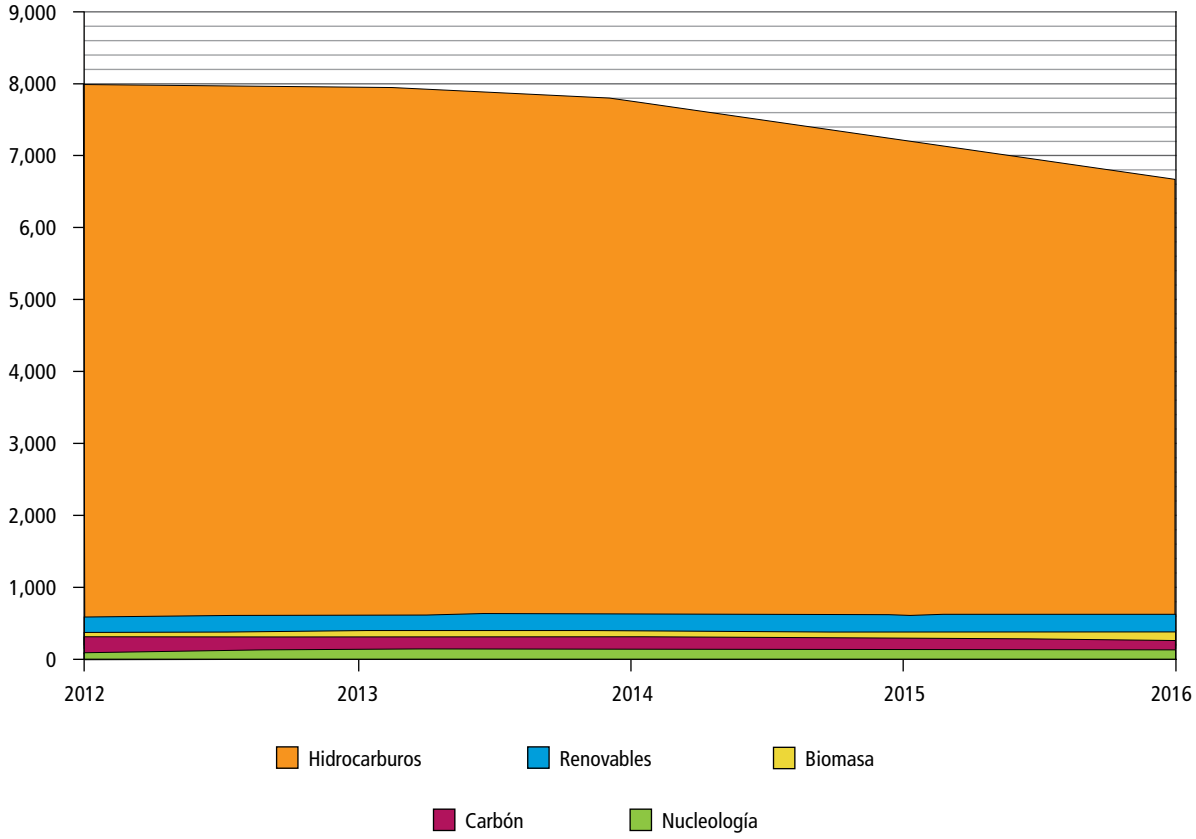
El volumen de exportaciones de hidrocarburos y sus derivados fue equivalente a un promedio de 1.255 millones de barriles diarios (mdbd) de petróleo crudo en 2012 y disminuyó a 1.194 mdbd en 2016. En contraste, en 2012 se importaron 2,449.62 PJ y en 2016; 3,994.25 PJ principalmente de gasolinas, naftas y gas seco. (SENER, 2018).

[3] La energía primaria es aquella que se obtiene directamente de la naturaleza: petróleo, gas natural, carbón, solar, hidráulica, eólica, geotérmica, biomasa.

[4] Todas las cifras presentadas en la sección de energía corresponden al SIE, a menos que se especifique alguna otra fuente documental.

[5] PJ = petajoule, 1 PJ = 1015 joule = 277.77 gigawatts hora (GWh).

Figura 1.19 Producción de energía primaria, 2012-2016



Fuente: SENER (2018).

En términos de emisiones de GEI, de acuerdo con el INEGYCEI 2015, las actividades de producción, transporte, distribución, procesamiento y uso de hidrocarburos [1B2] contribuyeron con 5.36% a las emisiones nacionales de GEI, con 36,632.09 Gg de CO_2e en dicho año.

Energía secundaria[6]

La producción bruta de energía secundaria obtenida en los centros de transformación de México fue de 5,523.7 PJ en 2012 y de 4,866.2 PJ en 2016. En ese año, las principales aportaciones provinieron de los petrolíferos, con 46.9%, 27.1% de gas seco, 23.7 % de electricidad, 0.7% por coque de carbón y el resto por autogeneración (SENER, 2018).

El saldo neto de la balanza comercial de energía secundaria de 2012 a 2016 fue negativo, ya que se importaron 13,204.1 PJ y se exportaron 2,132.1 PJ. La participación de los combustibles en las importaciones fue la siguiente:

- Gas seco, 44.6%;
- gasolinas, 30%;
- diésel, 11.5%, y
- otros, 13.9 % (SENER, 2018).

En 2012 la capacidad instalada de generación eléctrica —servicio público y permisionarios— fue

[6] Las energías secundarias provienen de la transformación de energía primaria con destino al consumo directo o a otros usos: gasolinas, electricidad…

de 62,546.3 MW y en 2016 aumentó a 70,098.5 MW, en mayor parte como resultado de la participación privada (Gobierno de la República, 2017b).

En ese mismo periodo (2012-2016) la generación bruta de electricidad fue de 1,300,833.3 GWh, de los cuales 33% provinieron del Esquema Productor Independiente de Energía (PIE), mediante el cual generan la energía empresas privadas y la venden a la CFE para su distribución (SENER, 2018).

En términos de tecnología, durante ese periodo fueron las termoeléctricas e hidroeléctricas las que más participación tuvieron. La participación total de energías renovables y tecnologías limpias en la capacidad instalada de generación de electricidad en el sistema eléctrico se ha mantenido en alrededor del 20%.

De acuerdo con el INEGYCEI 2015, la generación de electricidad contribuyó en el año 2015 con el 19% de las emisiones de GEI con 125 millones de ton de CO_2e, siendo su participación la segunda mayor dentro del total nacional, después del autotransporte. De estas emisiones, 7.7% provienen de la generación por ciclo combinado, 5.7% por termoeléctrica, 2.6% por tecnología dual, 2.6% por carboeléctricas, 0.3% por turbogás y 0.1% por combustión interna (INECC y SEMARNAT, 2018).

Consumo de energía

Entre 2012 y 2016[7] el consumo nacional de energía[8] aumentó 3.7%. Durante este periodo, el sector energético utilizó 33.1% de dicha energía para transformación y consumo propio y las actividades de consumo final ocuparon 59.1%; el porcentaje restante se debió a recirculaciones y diferencia estadística (SENER, 2018).

Sobre la demanda interna de energéticos, los sectores en que se desagregó el consumo final total de 2012 a 2015 fueron: transporte (44.4%) —cuya demanda se ha incrementado rápidamente desde 2000, a causa del aumento de la flota vehicular de pasajeros—; industria (30.3%); residencial, comercial y sector público (18%), y agropecuario (3.1%) (**Figura 1.20**) (SENER, 2018).

Respecto del consumo de energía eléctrica, éste fue de 233,306.4 GWh en 2012 y de 260,051.8 GWh en 2016, con un promedio de 2,035.2 GWh per cápita al año. Las ventas internas de todo el periodo fueron de 1,050,898,288 MWh, con el sector industrial como el que más electricidad consumió (58.1%). El sector comercial, el de servicios y el agrícola utilizaron 41.9 % de la electricidad generada (**Figura 1.21**) (SENER, 2018).

La intensidad energética de México en 2012 fue de 664.47 kilojoules (KJ) por peso del PIB, cifra que descendió a 604 en 2015. El consumo de energía per cápita en el periodo bajó de 75.3 PJ en 2012 a 70.4 PJ en 2015, debido a una reducción del consumo energético en comparación con el crecimiento de la población (SENER, 2017a). El índice de independencia energética, que muestra la relación entre la producción y el consumo nacional de energía, indica que se produjo 3.1% menos energía que la que se puso a disposición de las diversas actividades de consumo en el territorio nacional. En los diez últimos años este indicador ha disminuido a una tasa promedio anual de 3.2% (SENER, 2017b).

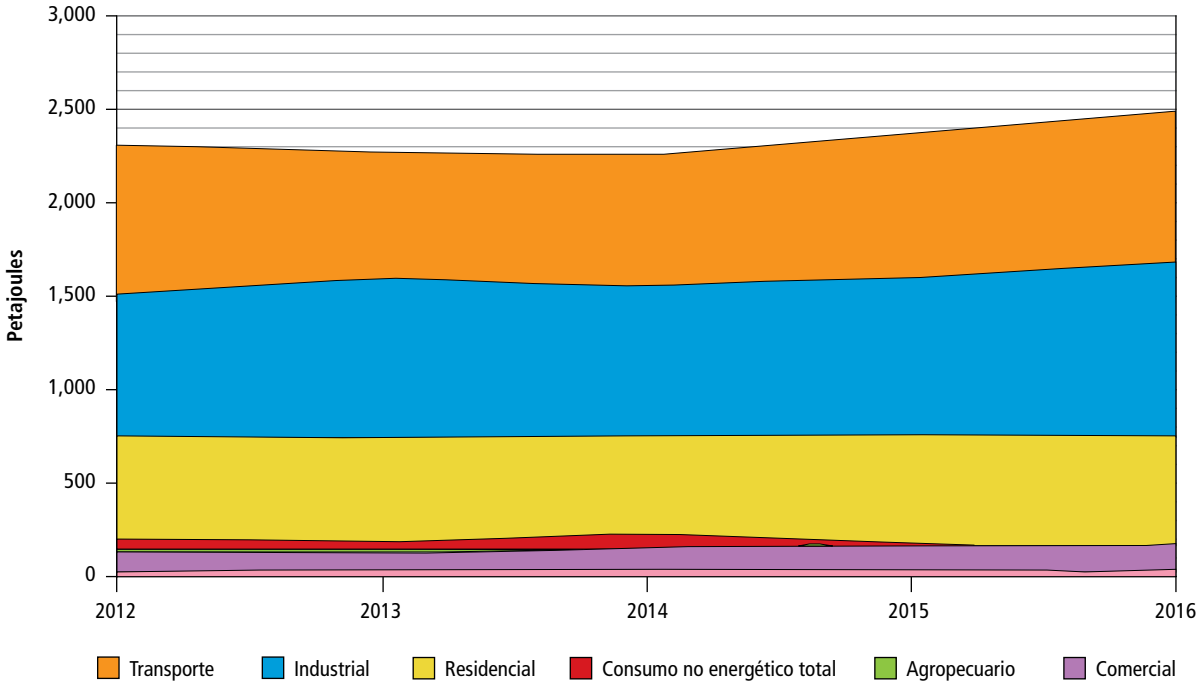
Subsidios a la energía

Durante décadas, México sostuvo una política en el sector energético de subsidios, bajos impuestos y control de precios que estuvo enfocada principalmente hacia las gasolinas y la electricidad. Sin embargo, desde 2007 el gobierno implementó algunas medidas para liberalizar por completo los precios de la gasolina. La liberalización de los precios del diésel comenzó a partir de 2017. Estas medidas se aplican en aquellas regiones en las que hay condiciones de competencia, mientras que, en las que no las hay, los precios seguirán regulados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). A pesar de que el subsidio a los combustibles llegó a representar en 2015 un gasto del orden de $20,000 mdd para el gobierno, los aumentos paulatinos en el precio ya han producido ganancias para el Estado de $1,200 mdd en 2014 y de $1,900 mdd en 2016 (IEA, 2017).

[7] Año de la más reciente publicación de cifras de la Secretaría de Energía.

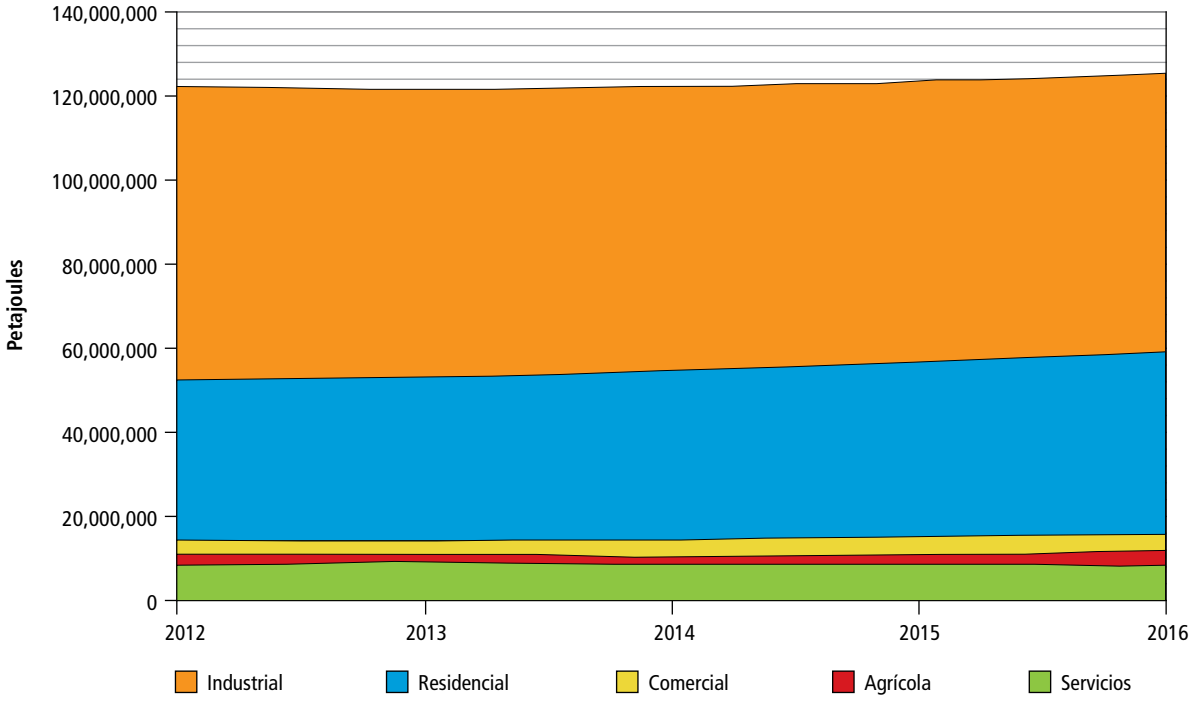
[8] El consumo nacional de energía es igual a la oferta interna bruta total.

Figura 1.20 **Consumo final de energía por sector, 2012-2016**



Fuente: SENER (2018).

Figura 1.21 **Evolución del consumo de electricidad por sector, 2002-2016**



Fuente: SENER (2018).

En el rubro de la electricidad, el gasto en subsidios significó para el gobierno cerca de $6,000 mdd, tan sólo en 2014. Aunque los precios son artificialmente bajos para el consumo residencial, la RE tiene como uno de sus objetivos contribuir a la reducción de la carga fiscal que esto supone (IEA, 2017).

Uno de los primeros resultados orientados a enfrentar el cambio climático por parte del sector energético ha sido la celebración de cuatro subastas de energía a largo plazo realizadas entre marzo de 2016 y abril de 2018 por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). Cabe señalar que para 2024 el gobierno de México se fijó como meta lograr que un 35% de la energía provenga de energías limpias,[9] y los resultados de las subastas –que han disminuido los precios de las energías limpias–, hacen factible incrementar la potencia instalada para encaminar al país en una ruta que permita cumplir dicha meta.

Además de lo anterior, la RE está impulsando la creación de un mercado energético eficiente y competitivo, lo cual implica el desarrollo de diversos instrumentos financieros y técnicos, como los Certificados de Energías Limpias obtenidos en las subastas de energía eléctrica, el Inventario de Energías Renovables o el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL). En este último se establecen las zonas con alto potencial que se encuentran a distancias convenientes de la Red Nacional de Transmisión, a partir de factores técnicos, como la disponibilidad del recurso, temperatura, latitud, altitud, entre otros, así como restricciones territoriales relacionadas con la protección al medio ambiente y el uso del suelo. Esta plataforma es una herramienta para la toma de decisiones de los inversionistas y un insumo relevante para la planeación de las redes de transmisión y distribución en el país.[10] Para mayor información sobre este sector, véase el capítulo 3 "Políticas y medidas de mitigación".

[9] Información proporcionada por la Secretaría de Energía.
[10] Disponible en: https://dgel.energia.gob.mx/inere/

Transporte

La subcategoría [1A3] "Transporte" se considera parte del sector Energía en los criterios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para efectos de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero de cada país. Según esos criterios, esta subcategoría se compone en México por la aviación civil, el transporte terrestre, los ferrocarriles y la navegación marítima y fluvial. Ésta representa cerca de la mitad del consumo de energía nacional y es la que más contribuye a las emisiones de GEI, por la quema de combustibles. Según el INEGYCEI 1990-2015, 25.09% de las emisiones netas de GEI a nivel nacional provienen de esta subcategoría, lo que corresponde a 171 millones de ton de CO_2e. De este porcentaje, el autotransporte fue el que más aportó con el 93.34%, posteriormente la aviación civil con 3.67%, la navegación (marítima y fluvial) con 1.55% y el ferrocarril con 1.44 % (INECC Y SEMARNAT, 2018). El sector transporte generó en 2012 el 6.2% del PIB total nacional, y para 2017 esta cifra representó el 6.4%.

Autotransporte

En 2012 la flota de vehículos terrestres registrados era de 33.1 millones, cantidad que aumentó en 2016 un 14.5%, con 39.8 millones.[11] La composición de la flota por tipo de vehículo para el último año referido fue la siguiente: 73% automóviles de pasajeros, 26% de camiones y camionetas de carga y 1% de transporte de pasajeros (INEGI, 2018b). El 97.2% de este parque vehicular utiliza gasolina y el restante, diésel (INECC, 2014). En 2015 el inventario de emisiones reporta que el autotransporte consumió 93.3% de la energía destinada a la subcategoría y fue responsable del 23.4% de las emisiones totales del país, con 159.9 millones de ton de CO_2e (INECC y SEMARNAT, 2018). La red nacional de carreteras se incrementó de 377,660 km en 2012 a 393,471 km en 2016 (Gobierno de la República, 2017b), lo que representa un incremento del 4.1%. El transporte de carga que circula por estos caminos tiene 15 años de antigüedad en promedio.

[11] Cifras a diciembre de cada año.

Transporte ferroviario

La red nacional de vías férreas permaneció sin cambios desde 2011 hasta 2015, en alrededor de 27,000 km. Este medio se ha utilizado predominantemente para el transporte de carga, para productos forestales, agrícolas, animales, minerales, hidrocarburos e industriales y entre 2012 y 2015 desplazó 460,122 ton en total, es decir, un crecimiento de 7.2% durante el periodo. Las líneas dedicadas a pasajeros transportaron a 190,549 personas en todo el periodo, lo que señala un crecimiento de 22.1% (INEGI, 2018b). La contribución de los ferrocarriles a las emisiones de GEI es muy baja, con 0.36% relativo al total, con 2.47 millones de ton de CO_2e (INECC y SEMARNAT, 2018).

Transporte marítimo y fluvial

La infraestructura portuaria de la navegación marítima está conformada por 117 puertos y terminales habilitadas para actividades comerciales (39), pesqueras (43), turísticas (23) y petroleras (12); 58 de ellos están ubicados en el Pacífico y 59 en el Golfo de México y el Caribe (**Figura 1.22**) (INEGI, 2016). La capacidad de carga de la infraestructura portuaria creció de 2,636 naves en 2013 a 3,151 en 2015. Entre 2012 y 2016 se transportaron por vía marítima 61,137,294 personas y 1,445,725 miles de ton de mercancías y productos.[12] El transporte de pasajeros es el que más incrementó sus operaciones en ese periodo, con un aumento de 48.7%, mientras que el movimiento de carga registró sólo 4.8% más (INEGI, 2018b). El transporte marítimo es responsable de 0.39% del total de emisiones en México, con 2.65 millones de ton de CO_2e (INECC y SEMARNAT, 2018).

Transporte aéreo

Durante el periodo 2012 a 2016 el número de aeropuertos en el país permaneció constante: 63 de ellos internacionales y 13 nacionales.

El número de aeronaves nacionales fue mayor en 12% al pasar de 8,992 a 10,081 en el mismo lapso, entre comerciales, oficiales y particulares. El número de vuelos también se elevó 18%, de 428,000 en 2012 a 509,000 en 2015, año de la última cifra reportada al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En total, las aeronaves transportaron a 213 millones de pasajeros; para las empresas transportistas nacionales e internacionales esto representó un crecimiento de 35% (INEGI, 2018b). La aviación genera 0.92% de las emisiones totales de México, con 6.28 millones de ton de CO_2e (INECC Y SEMARNAT, 2015).

La intensificación del tráfico aéreo debido al crecimiento de actividades económicas provocará, inevitablemente, un alza en la cantidad de emisiones de GEI, tanto por el incremento de actividad de transporte, como por la construcción de infraestructura aeroportuaria. Estas emisiones tendrán que ser compensadas con acciones de mitigación.

Industria

México se ha convertido en un importante exportador mundial de productos como automóviles y televisores de pantalla plana, entre varios más. A pesar del dinamismo de su industria, el potencial económico de México se ha visto obstaculizado por la baja productividad, los altos niveles de pobreza y de informalidad laboral, las tasas bajas de participación femenina y la baja capacitación de la mano de obra. Para contrarrestar esta situación el Gobierno Federal creó en 2013 el Comité Nacional de Productividad y promovió la ampliación de órganos reguladores sectoriales (OCDE, 2017).

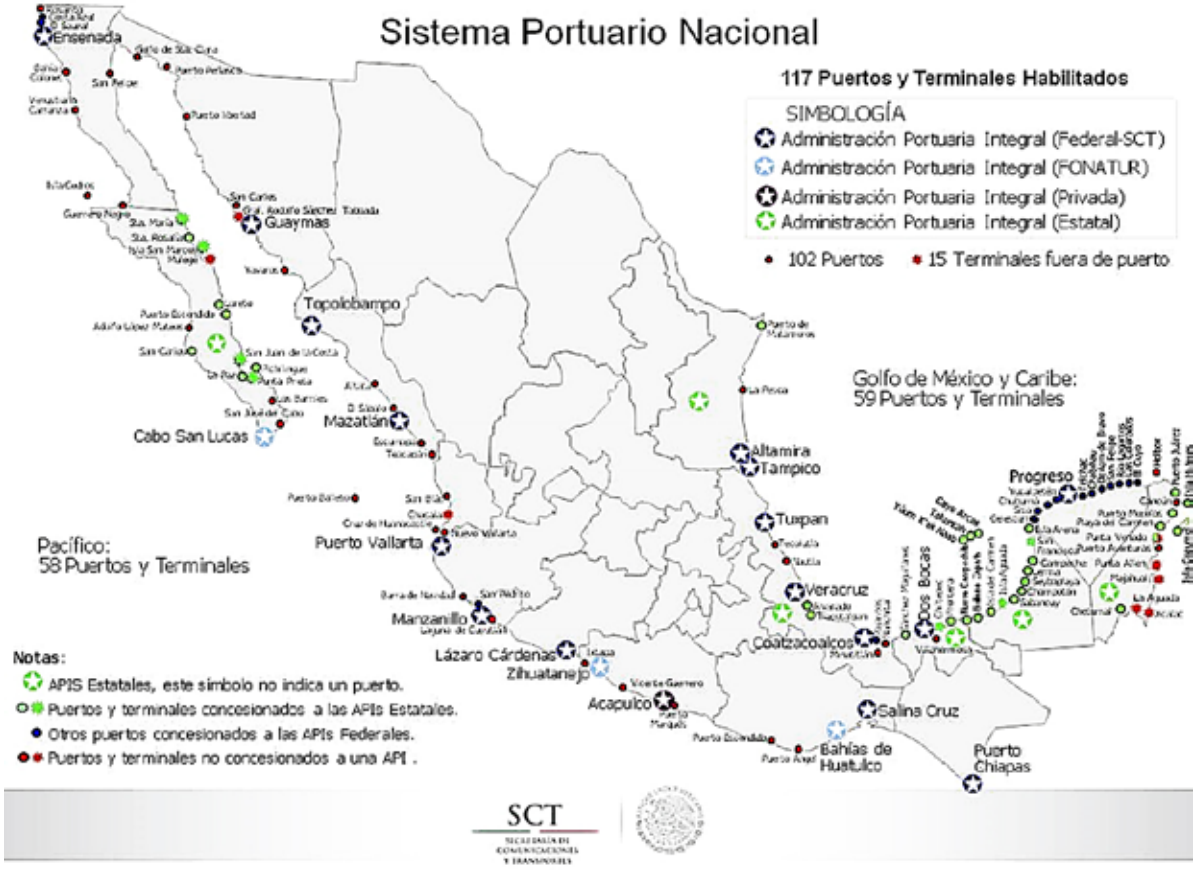
Entre 2012 y 2016 el sector industrial en México tuvo una contribución promedio de 31.4% al PIB nacional.[13] Para el total del periodo, la mayor contribución provino de: manufacturas, 50.5%; construcción, 23.7%; minería, 21%, y electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, 4.8% (**Figura 1.23**) (INEGI, 2018b).

De acuerdo con el INEGYCEI 1995-2015, los procesos productivos de las industrias mexicanas produjeron 17.2% de las emisiones totales, con 117.6 millones de ton de CO_2e. Las emisiones de este sector corresponden al consumo de combustibles fósiles y procesos industriales, sobre todo en las industrias cementera, de cal, siderúrgica y química (**Figura 1.24**).

[12] Incluye cruceros internacionales y actividades de cabotaje.

[13] A precios del 2013.

Figura 1.22 Principales puertos de México según actividad, vocación y capacidad de carga



Fuente: SCT (2018).

Los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) del sector industrial representaron sólo 3.8% de los costos ambientales totales de la economía y 1.7% del PIB del sector industrial en 2012. Aunque la cifra es baja, al analizar su tendencia histórica se constata que la tasa promedio de crecimiento desde 2003 y hasta 2015 fue de 19.2% anual, cifra muy superior al crecimiento del PIB del sector (INEGI, 2018b).

Sector agropecuario

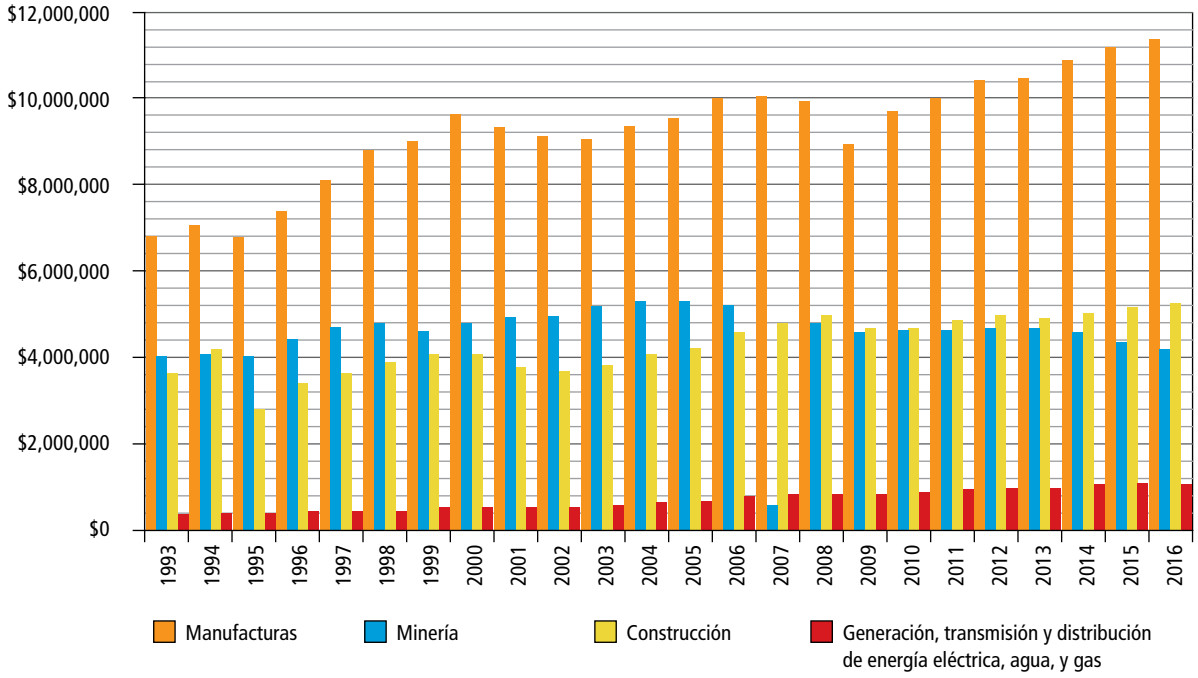
México es el decimosegundo productor de alimentos en el mundo. Aproximadamente 22% de la población —27.5 millones de personas— vive en áreas rurales y 145 millones de ha se dedican a actividades agropecuarias (FAO, 2018).

Entre 2012 y 2016 el sector primario aportó 3.1% del PIB y empleó aproximadamente al 13% de la población económicamente activa (INEGI, 2018b).

Agricultura

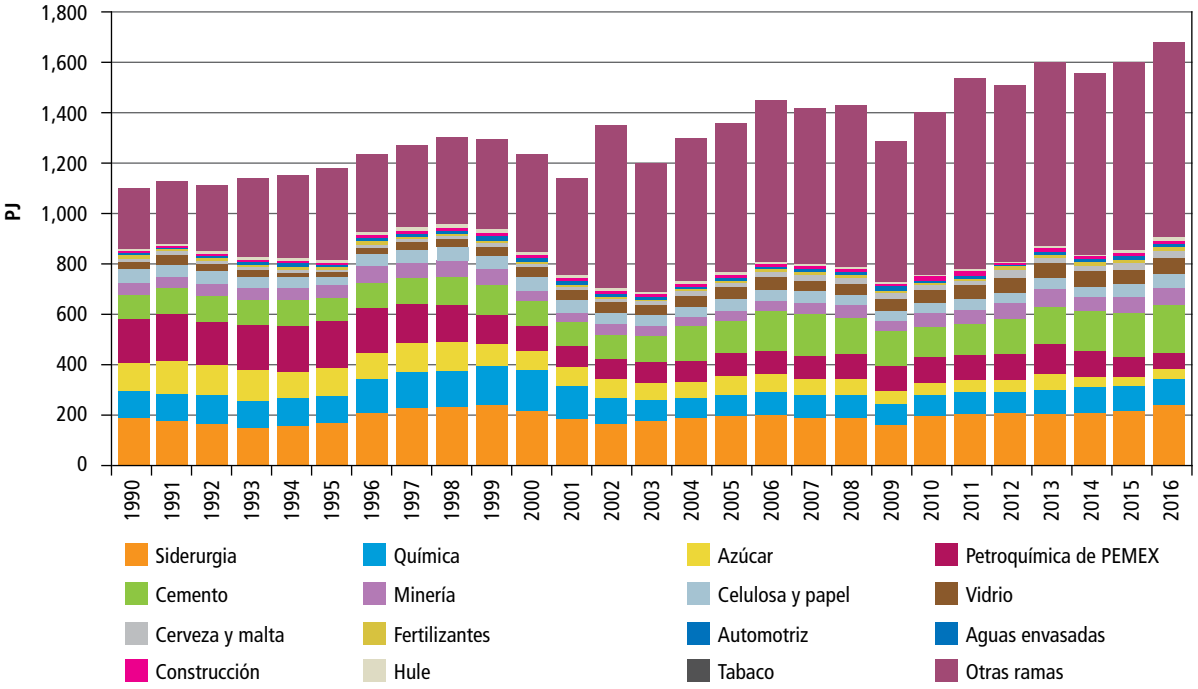
Para el año censal 2014, la superficie agrícola de las unidades de producción era de 27.4 millones de ha, 3.6% más que en 2009, fecha en la que se contabilizaron 26.5 millones de ha. La superficie sembrada ese año fue de 22,202,780.03 ha y la cosechada de 21,161,488.93 ha. La distribución de la superficie

Figura 1.23 **Aporte en el PIB de las principales industrias del sector secundario en México, 1993-2016**



Fuente: INEGI (2018b).

Figura 1.24 **Consumo final de energía del sector industrial, 1990-2015**



Fuente: SENER (2018).

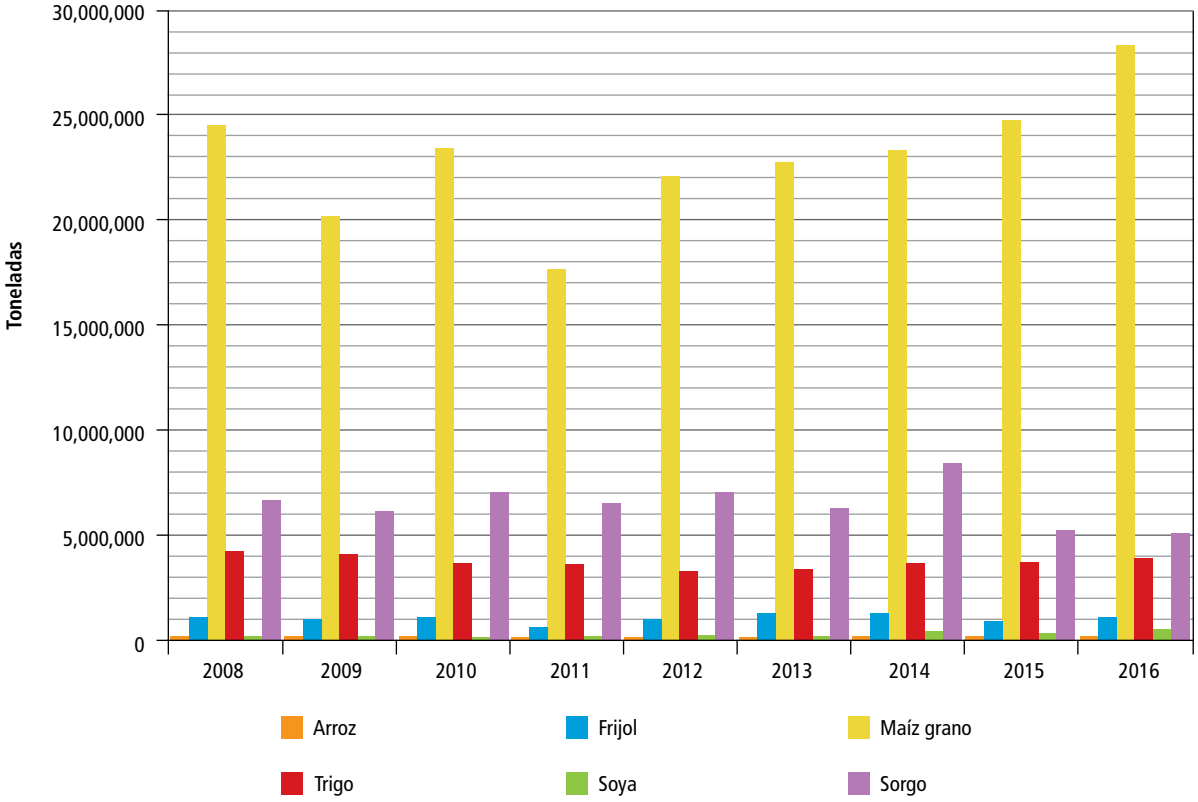
agrícola fue 79% de temporal y 21% de riego (INEGI, 2017b). Entre 2012 y 2016 la agricultura representó el 61.4% del PIB agropecuario, con un crecimiento de 17.2% durante el mismo periodo (INEGI, 2018b).

Los seis cultivos básicos estratégicos de México son arroz, frijol, maíz, trigo, soya y sorgo (**Figura 1.25**) (SAGARPA, 2013).

En 2012 se cultivaron en México 303 tipos de productos agrícolas, mismos que produjeron 632,109,214.3 ton de alimentos agrícolas con un valor de $28,366 mdd (SAGARPA, 2018). En 2017 se logró un aumento en la producción, con 300 productos que dieron $705,029,227 ton y valor por $33,541 mdd. Esto supuso un crecimiento de 11.5% en términos de volumen. Cerca de 62.3% del valor de la producción se generó en áreas de riego, mientras que el restante 37.7% se cultivó en tierras de temporal, que son las más expuestas a los efectos del cambio climático.

Se han estudiado ampliamente los impactos del cambio climático y la vulnerabilidad de la agricultura en México. Uno los más documentados es el de las sequías, que son cada vez más frecuentes, y en el pasado han causado pérdidas en agricultura y ganadería que han llegado a ser hasta de 50%, con daños significativos para el cultivo de maíz —que ocupa la mayor parte de la superficie cultivada— y el frijol (PINCC, 2015) (véase capítulo 5 "Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático"; Apartado de "Estudios sobre sensibilidad actual y futura").

Figura 1.25 **Producción de los cultivos básicos estratégicos de México, 2008-2016**



Fuente: SAGARPA (2018).

Ganadería

En el periodo de 2012 a 2016 la ganadería aportó 32.1% al PIB agropecuario, con un crecimiento de 1.7% (INEGI, 2018b). En 2014, la superficie destinada para agostadero era de 81,758,631 ha, equivalente al 74.8% de la superficie agropecuaria de México, tenía 32.9 millones de cabezas de ganado bovino. Las unidades de producción de ganado bovino representaron 29.4% y las de porcino, 17.6% del total ganadero (INEGI, 2016).

En 2012 el valor total de la producción ganadera fue de 11,790 mdd y para 2016 el valor experimentó un crecimiento de 25.4%, con 14,786 mdd. De este total, 67% correspondió a ganado de pie (bovino, ovino, caprino y porcino) y 33% a aves.

Pesca

La producción pesquera pasó de 1,687,498 ton de peso vivo, con un valor de $1,314 mdd, en 2012, a 1,752,339 ton en 2016, con un valor de $2,143 mdd. Entre 2012 y 2016 la pesca, caza y captura aportaron el 2.6% del PIB agropecuario, con un crecimiento de 52.4% (INEGI, 2016).

Alrededor del 80% de la producción se concentra en el litoral del Pacífico, entre 12 y 14% en el Golfo de México y el Mar Caribe, y el resto en entidades sin litoral (Gobierno de la República, 2017a). Los productos que más se produjeron en 2016 (en términos de peso) por medio de la pesca en México fueron: sardina, 441,608.2 ton; camarón, 225,073 ton; mojarra, 183,085.4 ton, y atún, 113,974.7 toneladas.

El producto que más valor produjo ese año fue el camarón, con $993 mdd, le siguieron el atún, con $187 mdd y la mojarra con $3,181 mdd.

Silvicultura

Los ecosistemas forestales tienen la capacidad de disminuir el efecto invernadero a través de dos procesos relacionados del ciclo de carbono: los de captura y fijación. Además, el manejo sustentable de los bosques contribuye a reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (**Tabla 1.2**).

Durante el periodo 2012 a 2016 el sector forestal tuvo una participación del 3.4% en el PIB del sector primario, con un alza de 9.1%. En el mismo periodo, la producción maderable tuvo un crecimiento de 7%, al pasar de 5,910,293 metros cúbicos rollo (m^3r) a 6,325,129 m^3r.[14] Su valor aumentó de 428 mdd a $630 mdd. Por su parte, el volumen de la producción forestal no maderable se elevó en 8.7% al aumentar de 186,018 ton en 2012 a $202,370 en 2016 (SEMARNAT, 2018a).

Tabla 1.2. Superficie forestal por ecosistemas 1993-2011

Ecosistema	Superficie (ha)			
	Serie II (1993)	Serie III (2002)	Serie IV (2007)	Serie V (2011)
Bosques	34,489,023.17	34,112,795.99	34,090,763.33	34,076,068.45
Selvas	32,842,771.40	31,465,523.13	30,663,244.69	30,297,447.12
Manglar	914,610.31	924,255.68	945,734.76	939,478.36
Otras asociaciones	661,181.46	557,290.59	526,931.21	555,611.21
Subtotal arbolado	68,907,586.34	67,059,865.38	66,226,673.99	65,868,605.14
Matorral xerófilo	58,328,682.08	57,300,597.06	56,877, 101.03	56,471,899.10
Otras áreas forestales	16,991,208	16,780,883.59	16,092,778.59	16,052,581.28
Total	144,227,476.42	141,141,346.03	139,196,553.61	138,393,085.53

Fuente: Comisión Nacional Forestal, 2018 (CONAFOR, 2018a).

[14] m^3r = metros cúbicos de madera en rollo, unidad dendrométrica para la cubicación de madera en trozas.

La tasa de deforestación neta anual en México disminuyó de 116.9 miles de ha por año durante el periodo 2005-2010, a 91.6 miles de ha por año en el periodo 2010-2015 (Gobierno de la República, 2017c).

Turismo

México tiene una oferta turística reconocida internacionalmente. Además de los destinos "de sol y playa", ecológicos y de aventura, el país se sitúa entre los cinco con mayor número de sitios considerados patrimonio de la humanidad. Para atender esta demanda, México dispone de una amplia infraestructura instalada, como aeropuertos, carreteras, hospedaje, transportación y servicios conexos (sectur, 2017). En la **Figura 1.26** se muestra la evolución del turismo internacional durante el periodo 2012-2016 y el ingreso de divisas al país por las actividades de este sector en el mismo lapso.

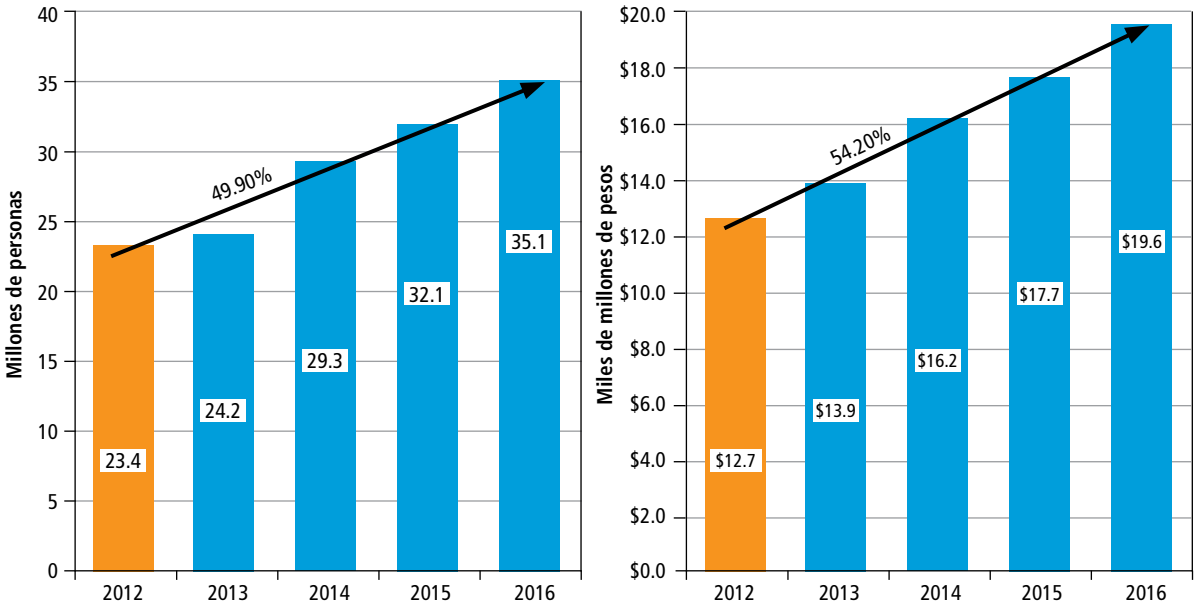
La industria turística generó alrededor de diez millones de empleos directos e indirectos y entre 2012 y 2016 aportó 8.5% al PIB nacional y experimentó un crecimiento económico del 30%. En 2016 México recibió 35.1 millones de turistas internacionales, 49.9% más que en 2012. El ingreso de divisas de 2016 fue de $19,650 mdd, 54.2% más que en 2012; ambas cifras representan máximos históricos para el país y se espera que estas tendencias positivas se mantengan (SECTUR, 2017).

El turismo nacional representa 85% del consumo turístico interno y también está en ascenso. Se calcula que en 2016 viajaron por el país 226 millones de turistas nacionales.

Residuos

El crecimiento de la población, los cambios en los patrones de consumo y las actividades productivas han llevado a la urbanización y a la generación creciente de residuos de diversos tipos. Durante los últimos 15 años, el manejo de estos residuos se ha enfocado en la disposición final. Además, el manejo suele ser insuficiente e inadecuado porque la mayoría de los municipios no cuentan con la infraestructura necesaria para su gestión integral.

Figura 1.26 **Ingresos por turismo en México, 2012-2016**



Izquierda: llegada de turistas internacionales a México. Derecha: ingreso de divisas por turismo internacional.

Fuente: Gobierno de la República (2017b).

Para contrarrestar esta situación, en México, en los tres órdenes de gobierno, se están implementando medidas para una recolección y tratamiento más adecuados y con menos impacto ambiental y para la salud de la población.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece tres tipos de residuos: peligrosos, de manejo especial y Residuos Sólidos Urbanos (RSU). De acuerdo con este marco legal, la regulación de estos residuos corresponde a los tres órdenes de gobierno. Los municipios tienen la responsabilidad de prestar el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales y de residuos sólidos urbanos (DOF, 2015).

Residuos peligrosos

Entre 2012 y 2016 se generaron en total 10.86 millones de toneladas y se procesaron 104.61 millones de toneladas, que incluyeron residuos acumulados durante periodos anteriores (Gobierno de la República, 2017b). Las empresas microgeneradoras (se tienen contabilizadas 67,342) fueron responsables de 0.6% de estos residuos peligrosos; las pequeñas generadoras (40,268), de 4.8%, y las grandes (7,548), de 94.6% (SEMARNAT, 2018a). La capacidad instalada en las plantas de tratamiento, hasta 2015, era de 2,059,493 ton al año. En 2016 había 1,438 plantas de tratamiento, distribuidas en 374 centros de acopio; 1,049 de recolección y transporte; 441 de reciclaje de solventes, lubricantes usados y metales; 16 de reúso; 78 para incineración de combustibles alternos; 268 de tratamiento de residuos, y nueve de confinamiento (Gobierno de la República, 2017b).[15]

Residuos Sólidos Urbanos

Entre 2003 y 2015 la generación de residuos creció a una tasa de alrededor de 2.8% anual. México transita hacia una composición con un menor predominio de residuos orgánicos en sus RSU: en la década de los años cincuenta, el porcentaje de residuos orgánicos oscilaba entre 65 y 70% de su volumen, mientras que en 2012 esta cifra se redujo a 52.4%.

Las estimaciones indican que entre 2012 y 2016 se generaron 213.2 millones de ton (un promedio de 42.6 millones de ton al año y de 116.8 mil ton al día). De acuerdo con esta estimación, la generación per cápita de residuos en 2016 fue de 0.983 kg/hab/día o 356 kg/hab/año (Gobierno de la República, 2017b; INEGI, 2018b).

En 2013 la composición de los RSU durante ese periodo fue la siguiente: orgánicos, 52.4%; papel, cartón y productos de papel, 13.9%; textiles, 1.4%; plásticos, 10.9%; vidrio, 5.9%; metales, 3.4% y otros, 12.1%.

El 66.4% de estos residuos se vertió en rellenos sanitarios, 20.4% en tiraderos a cielo abierto, 8% en rellenos de tierra y 5.2% se recicló (**Figura 1.27**) (INEGI, 2016).

En 2014, el promedio de residuos sólidos recolectados al día era de 103,126 ton, lo que representó 19.4 % más que en 2010, cuando el promedio fue de 86,342.4 ton (INEGI, 2015c).

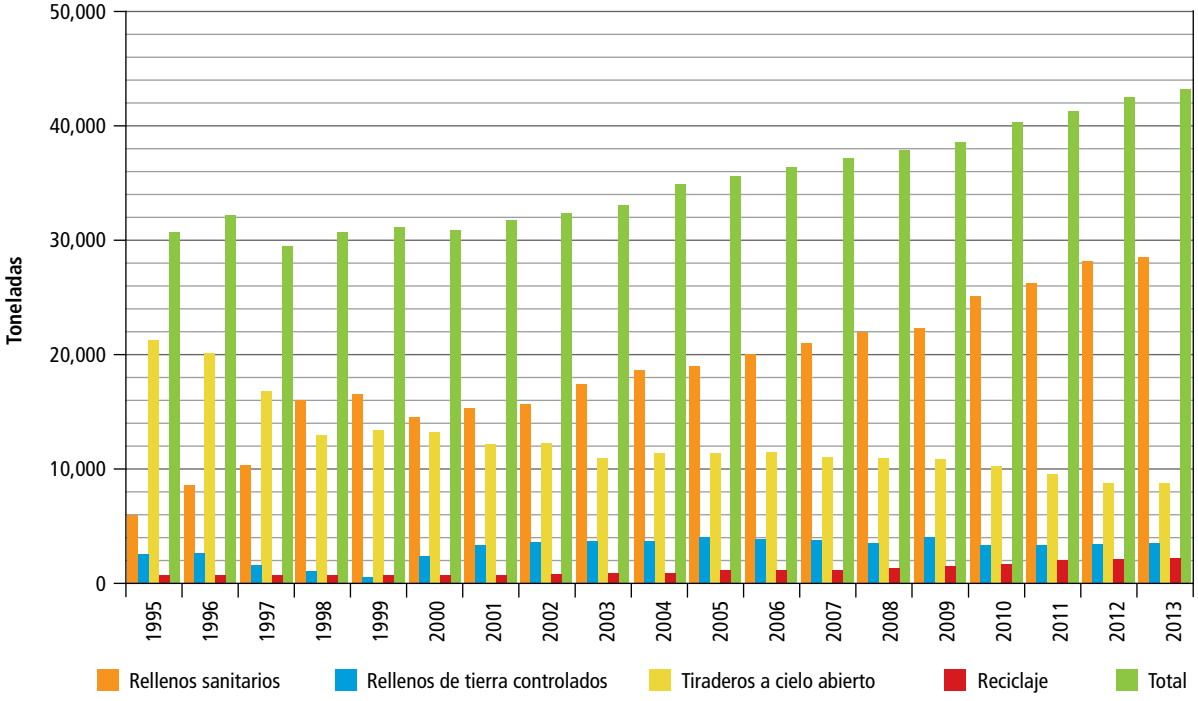
Aguas residuales municipales y no municipales

En México, las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales y no municipales. Las primeras corresponden a las colectadas por los sistemas de alcantarillado urbano y rural y son generadas en núcleos de población. Las segundas son las producidas por industrias autoabastecidas y se descargan sin ser colectadas.

En 2016 había 2,536 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipales en operación, con una capacidad instalada total de 180.5 m^3/s. En esas PTAR se trataron 123.5 m^3/s durante ese año, lo cual significó 57% de los 214.5 m^3/s que se recolectaron a través del alcantarillado. El porcentaje de aguas municipales tratadas ha ido en aumento en los últimos años, pues en 2016 se trataron 58.2% de lo colectado (Gobierno de la República, 2017a).

[15] Los datos corresponden al número de plantas que cuentan con autorización para operar. A partir de 2007, con base en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se excluyen las autorizaciones nuevas de acopio, recolección y transporte, por tratarse de actividades secundarias de manejo, por lo que la sumatoria difiere del total.

Figura 1.27 **Disposición final y reciclaje de RSU por tipo de tiradero, 1995-2013**



Fuente: INEGI (2016).

Con respecto a las aguas residuales no municipales, entre 2012 y 2016 la industria trató 75.9 m³/s (véase el capítulo 3 "Políticas y medidas de mitigación"; **Tabla 1.36**), con un aumento de 25.4% (de 60.5 a 75.9 m³/s) durante el periodo. La capacidad instalada también creció de 2,569 plantas en operación a nivel nacional a 3,041 (véase el capítulo 3 "Políticas y medidas de mitigación", apartado "Aguas residuales industriales"). Los principales procesos por medio de los cuales se realizó el tratamiento fueron: secundarios, 61%; primarios, 34%; no especificados, 3%, y terciarios, 2% (CONAGUA, 2017c).

1.2 Arreglos institucionales

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo Cuarto

La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

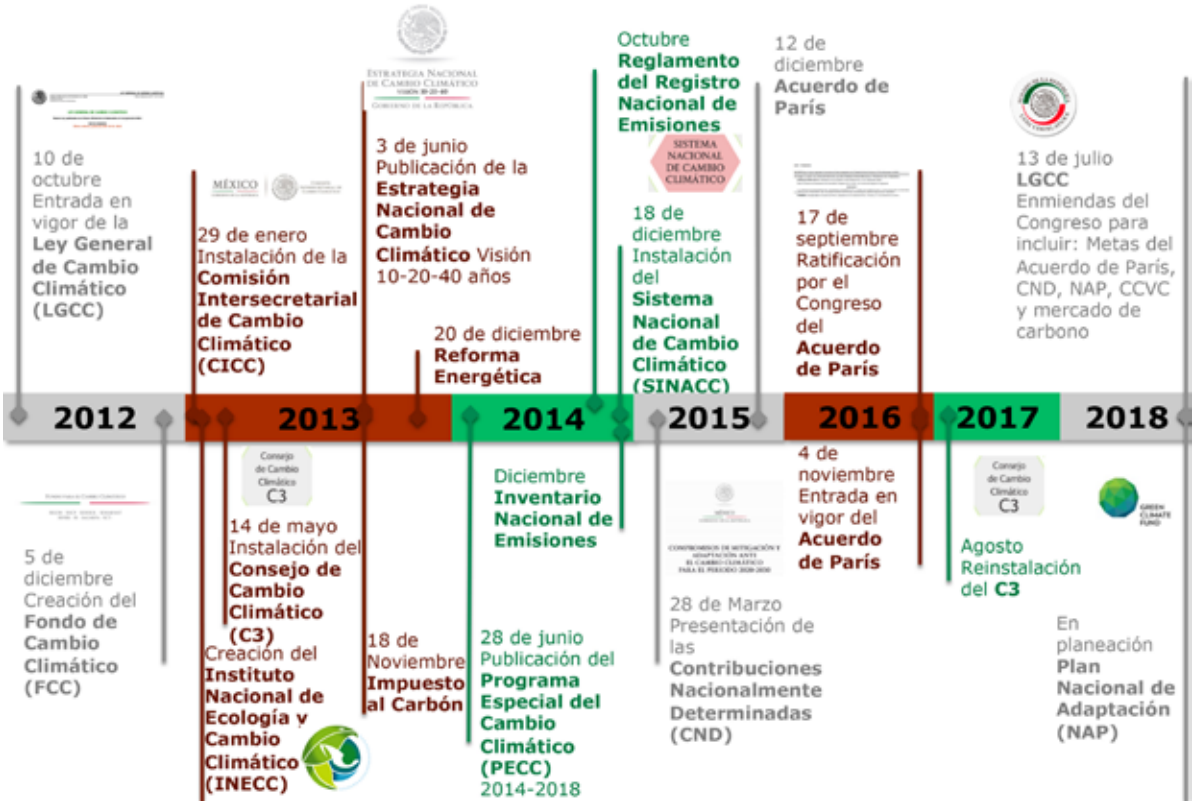
Ley General de Cambio Climático, Artículo Primero

En México toda persona goza de los derechos y de los mecanismos de garantía reconocidos tanto por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) como por los tratados internacionales. A partir de la reforma al Artículo Primero de la Carta Magna en materia de derechos humanos publicada en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) el 10 de junio de 2011, el Estado Mexicano (en todos sus órdenes de gobierno) tiene la obligación de promover, respetar proteger y garantizar los derechos humanos reconocidos tanto en la Constitución como en los tratados internacionales ratificados por el Senado de la República.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio el Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París son instrumentos dirigidos a proteger derechos humanos en materia de cambio climático y medio ambiente. Asimismo, la Ley General de Cambio Climático reglamenta las disposiciones de la Constitución en materia de derecho a un medio ambiente sano para el bienestar y desarrollo de las personas (Artículo Cuarto). En ese contexto, los compromisos del Estado Mexicano ante la CMNUCC, como es el caso de la Contribución Nacionalmente Determinada incluida en el Acuerdo de París y ratificada por el Senado de la República en diciembre de 2016, constituyen obligaciones jurídicas vinculantes.

Desde la publicación de la Quinta Comunicación Nacional a mediados de 2012, el gobierno de México estableció y fortaleció diversos instrumentos y mecanismos institucionales y de política pública para enfrentar el cambio climático; entre ellos se encuentran tanto arreglos institucionales como instrumentos jurídicos, de planeación, económicos y de evaluación de la política para enfrentar el cambio climático (**Figura 1.28**).

Figura 1.28. **Evolución de las políticas públicas en materia de cambio climático**



Fuente: Gobierno de la República (2013a).

Instrumentos legales e institucionales

Ley General de Cambio Climático (LGCC)

En junio de 2012 el Congreso de la Unión aprobó la LGCC, una de las primeras legislaciones específicas sobre el tema que se han promulgado en el mundo (sólo después de Reino Unido, 2008). Esta ley, que entró en vigor en octubre de ese mismo año, es el marco jurídico general para coordinar las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en los tres órdenes de gobierno. Establece los principios de la política de cambio climático y los instrumentos de planeación, como son la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), el Programa especial de cambio climático (PECC) y los programas estatales, de financiamiento, información, gestión, evaluación e inspección y vigilancia (**Tabla 1.3**).

La Ley ha sido modificada en diversas ocasiones, la más reciente data de abril de 2018, cuando el Congreso de la Unión aprobó adecuaciones a la terminología, componentes, metas y compromisos de México con motivo de la entrada en vigor del Acuerdo de París (DOF, 2012).

Principales modificaciones a la Ley General de Cambio Climático realizadas en 2018

- Establecimiento de bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París.
- Incorporación de metas, conceptos y premisas del Acuerdo de París como parte de los compromisos nacionales de México, incluye la meta de limitar el incremento en la temperatura promedio del planeta a menos de 2 °C, con esfuerzos por limitarlo a 1.5 °C.
- Adopción de la CND como el instrumento asociado al Acuerdo de París donde México establece los objetivos y las metas nacionales en mitigación y adaptación para alcanzar las metas y los objetivos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Mandato de generar la Política Nacional de Adaptación y el desarrollo de un sistema de alertas tempranas para reducir la vulnerabilidad social ante eventos extremos del clima.
- Mandato para establecer un mercado de carbono para promover la reducción de emisiones al menor costo posible, de forma medible, reportable y verificable, y sin vulnerar la competitividad de los sectores participantes.
- Inclusión del esquema de reducción y compensación de emisiones de gases de efecto invernadero para la aviación civil (CORSIA, por sus siglas en inglés).
- Reconocimiento de la importancia de considerar los Informes de evaluación del IPCC para la modificación, adición o reorientación de la política nacional de cambio climático.
- Desarrollar un marco de transparencia sobre la acción en cambio climático, de tal forma que sea posible evaluar e informar acerca de los avances nacionales hacia el cumplimiento de la CND.

Fuente: SEMARNAT (2018b).

Tabla 1.3 **Instrumentos de política de cambio climático en los tres órdenes de gobierno**

Nacional		Federal	Estatal	Municipal
Marco jurídico	Ley General de Cambio Climático.		Leyes estatales en materia de cambio climático.	
Planeación	Estrategia Nacional de Cambio Climático. Plan Nacional de Adaptación. Contribuciones Nacionalmente Determinadas.	Programa especial de cambio climático.	Programas estatales de cambio climático.	Programas municipales en materia de cambio climático.
Arreglos institucionales	Sistema Nacional de Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Consejo de Cambio Climático.	Comisiones estatales intersecretariales de cambio climático.	
Instrumentos	Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Registro Nacional de Emisiones. Atlas Nacional de Riesgos. Sistema de Información de Cambio Climático. Instrumentos económicos.	Normas oficiales mexicanas. Normas mexicanas.	Inventarios estatales de Emisiones. Atlas estatales de riesgos.	Atlas municipales de riesgos.
Evaluación	Coordinación de Evaluación.	Coordinación de Evaluación INECC.	Procedimientos de evaluación de programas estatales.	Procedimientos de evaluación de programas municipales.
Financiamiento	Fondo de Cambio Climático.	Fondo de Cambio Climático. Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF).	Fondo de Cambio Climático y Fondos estatales. Presupuestos de las entidades federativas.	Fondo de Cambio Climático y gestión de otros recursos.

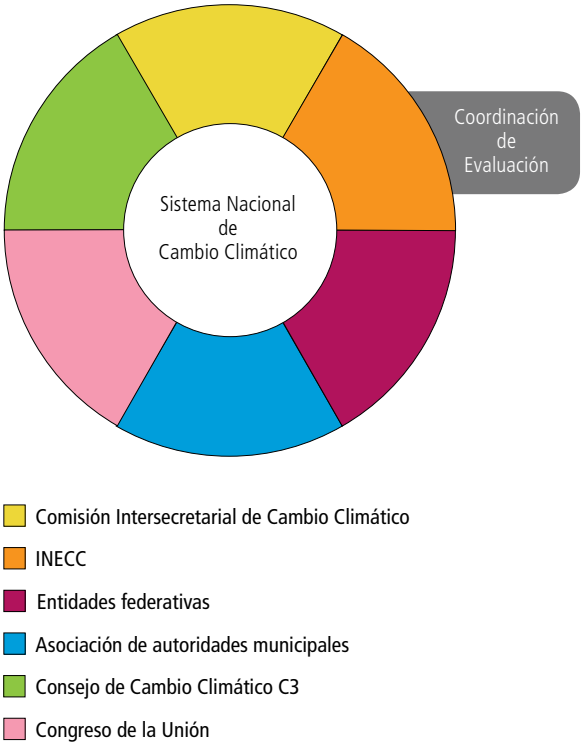
Fuente: Elaboración INECC con base en SEMARNAT (2013).

En los artículos transitorios estipula que el país se compromete a reducir de manera no condicionada 22% sus emisiones de gases de efecto invernadero y 51% sus emisiones de carbono negro al año 2030 con respecto a la línea base. Este compromiso, asumido como contribución determinada a nivel nacional, implica alcanzar un máximo de las emisiones nacionales al año 2026; y desacoplar las emisiones de gases de efecto invernadero del crecimiento económico, la intensidad de emisiones por unidad de producto interno bruto se reducirá en alrededor de 40% entre 2013 y 2030 (DOF, 2012).

Sistema Nacional de Cambio Climático

La LGCC crea el Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC) como un instrumento que tiene entre sus objetivos promover la concurrencia, comunicación, colaboración, coordinación y concertación de la política nacional de cambio climático. Este sistema, instalado en diciembre de 2014, está integrado por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Coordinación de Evaluación, el Consejo de Cambio Climático (C3), los gobiernos de las entidades federativas, las asociaciones nacionales de autoridades municipales y el Congreso de la Unión (**Figura 1.29**).

Figura 1.29 **Estructura del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC)**



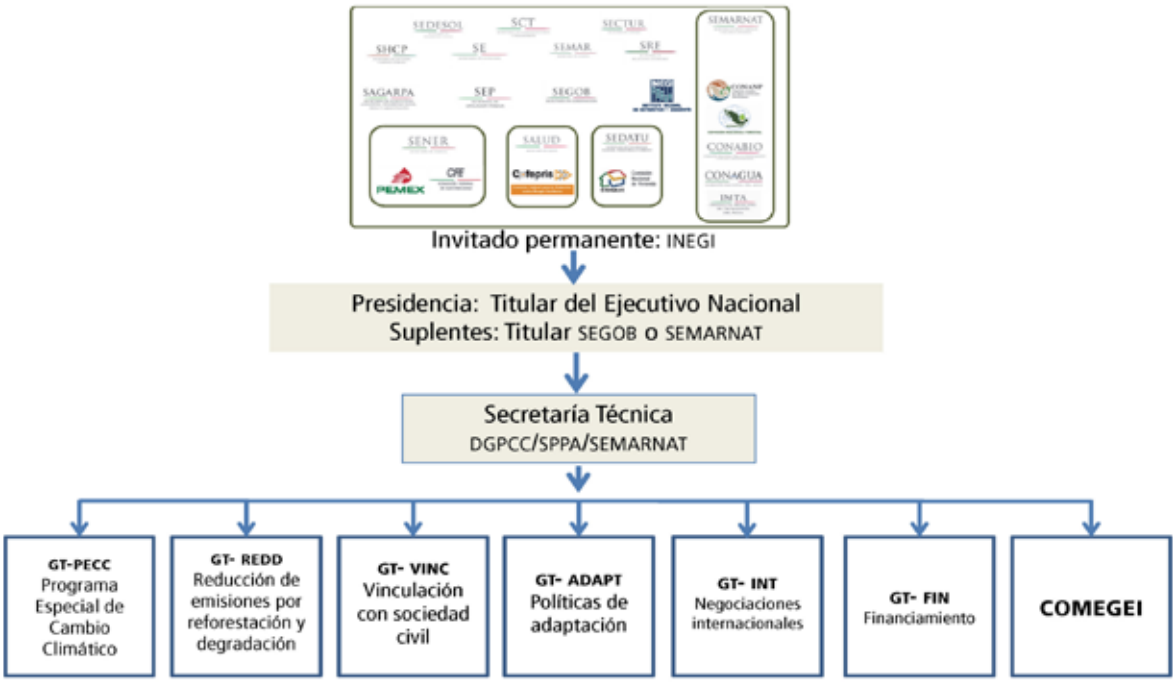
Fuente: SEMARNAT (2013).

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

La CICC es la instancia de coordinación para formular e instrumentar la política pública nacional de mitigación y adaptación al cambio climático, así como su incorporación en los programas y acciones sectoriales correspondientes. También se encarga de impulsar las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos y compromisos contraídos con la CMNUCC y los demás instrumentos derivados de ella, y participa en la instrumentación del PECC.

Esta Comisión está presidida por el Presidente de la República e integrada por las 14 secretarías de Estado que tienen mayor incidencia en las políticas públicas del país en materia de cambio climático: Secretaría de Gobernación (SEGOB), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Salud (SS), Secretaría de Turismo (SECTUR), Secretaría de Economía (SE), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Marina (SEMAR); Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Educación Pública (SEP), Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE). También participa como invitado el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Su primera sesión ordinaria se llevó a cabo en febrero de 2013 y desde entonces ha sesionado dos veces al año (**Figura 1.30**).

Figura 1.30 **Estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático**



DGPCC: Dirección General de Políticas para el Cambio Climático; SPPA: Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental; GT: Grupo de trabajo, y COMEGEI: Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

El INECC es un organismo público descentralizado de la SEMARNAT, y tiene como propósito producir e integrar conocimiento técnico y científico e incrementar el capital humano calificado para la formulación, conducción y evaluación de políticas públicas para la protección del medio ambiente, la preservación y restauración ecológica, y la mitigación y adaptación al cambio climático en el país. Entre sus atribuciones está el integrar la información para elaborar las Comunicaciones Nacionales que presenten los Estados Unidos Mexicanos ante la CMNUCC (DOF, 2012). La primera Junta de Gobierno de este nuevo Instituto se realizó en febrero de 2013.

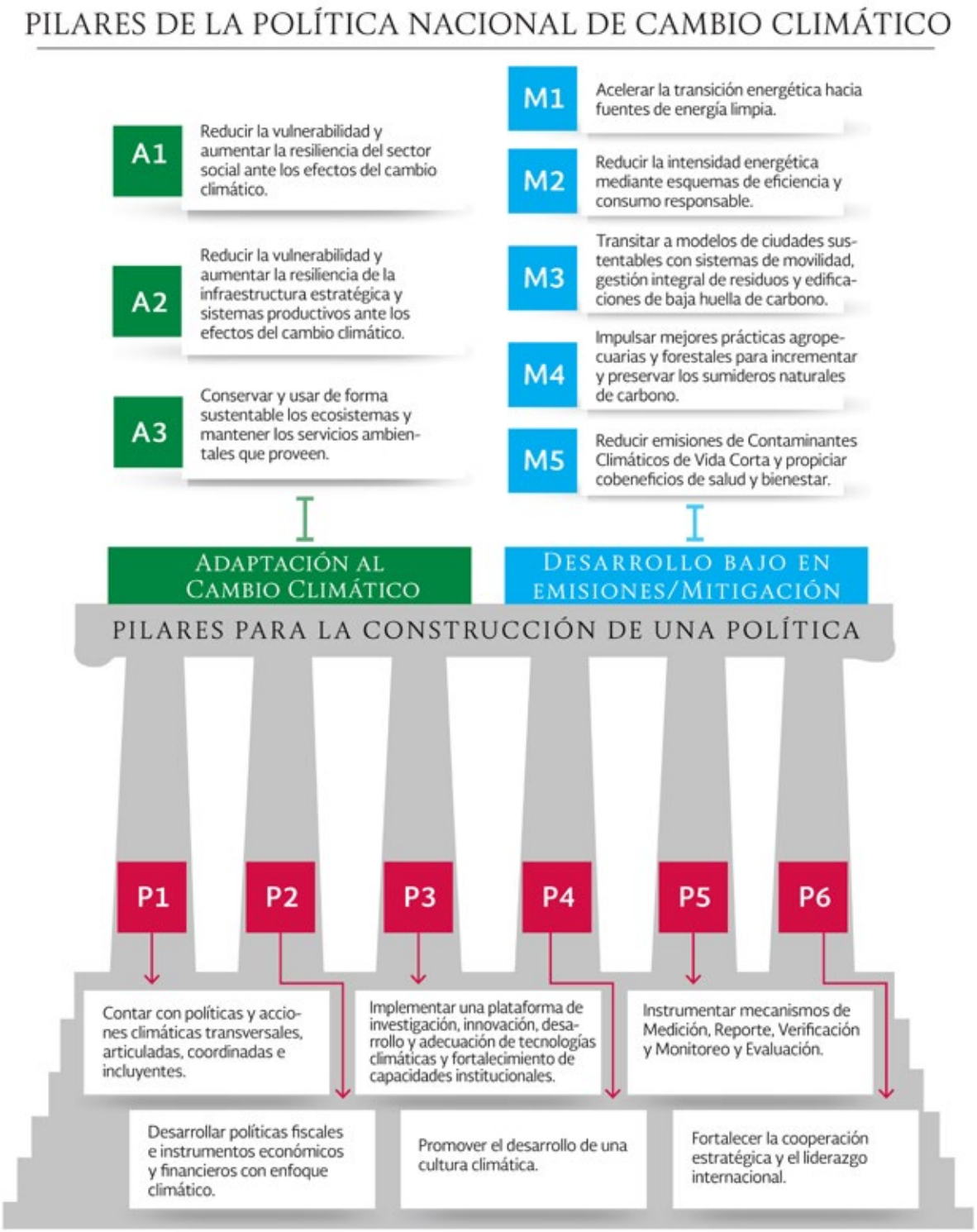
Consejo de Cambio Climático (C3)

El C3 es un órgano permanente de consulta que asesora a la CICC y debe estar integrado por un mínimo de 15 miembros de los sectores social, privado y académico. En mayo de 2013 se instaló la generación 2013-2016, que sesionó siete veces. En agosto de 2017 se instaló la generación 2017-2020.

Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). Visión 10-20-40

La ENCC se publicó en junio de 2013 y es el instrumento rector de la política nacional en este tema; determina la visión a corto y largo plazo (Visión 10-20-40) para establecer prioridades nacionales y regionales para enfrentar el cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo con bajas emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (SEMARNAT, 2013). Prevé el establecimiento de un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) y el de Monitoreo y Evaluación (M&E, por sus siglas en inglés) (**Figura 1.31**). Asimismo, incorpora el enfoque de género, reconociendo que todas las políticas climáticas, las estrategias de reducción de la vulnerabilidad social y las de comunicación en esta materia deben incluir aspectos de género.

Figura 1.31 **Mapa estructural de la Estrategia Nacional de Cambio Climático**



Fuente: SEMARNAT (2013).

Instrumentos de política

Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018

En cumplimiento de lo estipulado en el artículo 26 de la CPEUM, cuyas disposiciones se especifican en la Ley de Planeación, México tiene un marco de la planeación democrática, en el que cada seis años se establecen las prioridades nacionales que guiarán las políticas públicas hacia la consecución de un desarrollo equitativo, incluyente, integral, sustentable y sostenible del país en el corto plazo, mismos que se ven reflejados en el Plan Nacional del Desarrollo (PND), siendo el vigente el que abarca el periodo de 2013-2018. Dichas prioridades se reflejan en el contenido de los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales, como es el caso del *Programa especial de cambio climático* (PECC).

El PND 2013-2018 promueve que el país alcance el máximo potencial a través del crecimiento económico, incorporando una visión que considera el desarrollo humano, la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres, la protección de los recursos naturales, la salud, la educación, la participación política y la seguridad.

Para alcanzar este objetivo contiene cinco metas nacionales. La meta denominada México Próspero, manifiesta el objetivo de "impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo", y entre sus estrategias promueve el fortalecimiento de la política nacional de cambio climático y de cuidado del medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono, que impulsará como una de sus acciones la realización de investigación científica y tecnológica, la generación de información y desarrollo de sistemas que la contengan para el diseño de políticas ambientales y de mitigación y adaptación al cambio climático (Gobierno de la República, 2013a).

Programa especial de cambio climático (PECC) 2014-2018

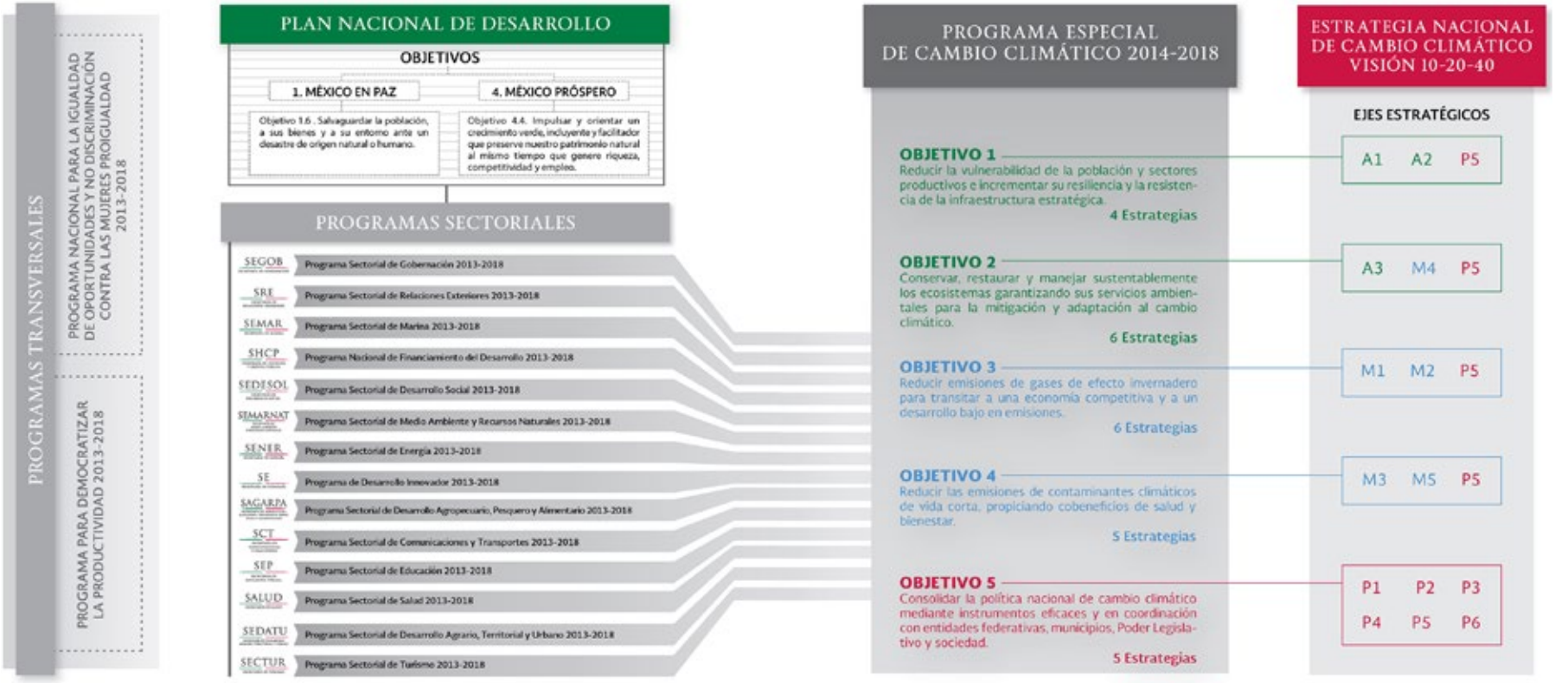
El PECC es el instrumento que, conforme a la LGCC y la Ley de Planeación, establece las acciones y proyectos que la administración pública federal debe implementar en su periodo de gestión para la instrumentación de las estrategias contenidas en la ENCC. La versión actual, para el periodo 2014-2018, se desprende del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y es el instrumento de planeación de la política nacional de cambio climático sexenal. Considera la contribución de la federación a las metas nacionales mediante los programas transversales del gobierno federal y con los programas sectoriales de las secretarías de Estado que conforman la CICC (**Figura 1.32**). Está compuesto por cinco objetivos que incluyen 77 líneas de acción en materia de adaptación, 81 de mitigación y 41 líneas para la construcción de políticas públicas.

El PECC establece el compromiso para el año 2020 de reducir las emisiones de GYCEI en 30% en referencia al año base (2000) para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones y reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta (DOF, 2014).

En materia de adaptación, los objetivos son reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos, así como incrementar la resiliencia y resistencia de la infraestructura estratégica ante los efectos del cambio climático y conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas y sus servicios ambientales (DOF, 2014).

Las estrategias y líneas de acción de este programa buscan reducir las brechas entre hombres y mujeres para enfrentar los impactos del cambio climático, así como el acceso, uso y aprovechamiento de los recursos naturales, diferenciados por género. En este reporte habrá que destacar que México inició por primera vez la evaluación del PECC.

Figura 1.32 **Alineación del PECC 2014-2018 a las metas nacionales**



Fuente: DOF (2014).

Otros instrumentos y herramientas

La LGCC establece, además, otros instrumentos de política pública, como son el INEGYCEI, el Sistema de Información sobre Cambio Climático (SICC), el Fondo para el Cambio Climático (FCC), el Registro Nacional de Emisiones (RENE), e instrumentos como estímulos fiscales, de mercado, y normas oficiales mexicanas.

Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI)

El INEGYCEI se realiza de acuerdo con los lineamientos y metodologías establecidos por la Convención, la Conferencia de las Partes y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Conforme a la LGCC, la estimación de las emisiones de la quema de combustibles fósiles se realiza anualmente, en tanto que la correspondiente a las emisiones distintas a las de la quema de combustibles fósiles, con excepción de las relativas al cambio de uso de suelo, se elabora cada dos años, y el cálculo total de las emisiones y las absorciones por los sumideros de todas fuentes incluidas en el Inventario se hace cada cuatro años. En el capítulo 2 "Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero" de este documento se presenta el I INEGYCEI para el periodo 1990-2015, como actualización del INEGYCEI 2013 presentado en 2015 en el primer *Informe Bienal de Actualización Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (INECC y SEMARNAT, 2015) que incluye la actualización 2010-2013 del Inventario. Por primera vez en este Inventario, México incluye los compuestos de efecto invernadero, y es por ello que cambia de denominación con respecto al que se presentó en la *Quinta Comunicación Nacional* (véase el capítulo 2).

Sistema de Información sobre Cambio Climático (SICC)

Este sistema de información forma parte del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente, y está orientado a propiciar sinergias para establecer las acciones prioritarias de mitigación y adaptación al cambio climático. Integra, actualiza y pone a disposición del público información estadística, geográfica y de indicadores sobre cambio climático, clima, suelo, ecosistemas, recursos hídricos, emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, proyectos de mitigación, vulnerabilidad, población y biodiversidad, entre otros. Está a cargo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), como lo dispone la Ley del Sistema Nacional de Información, Estadística y Geografía. Se instaló en diciembre de 2014 y desde entonces ha sesionado una vez al año, con la presencia de representantes de las dependencias que conforman la cicc. El SICC se encuentra disponible en http://gaia.inegi.org.mx/sicc/

Fondo para el Cambio Climático

Para financiar la transición hacia una economía baja en carbono, se creó el FCC, que es un fideicomiso para captar y canalizar recursos financieros públicos, privados, nacionales e internacionales para apoyar las acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático. Sus reglas de operación quedaron establecidas en 2015 y a noviembre de 2017 se habían aprobado 13 proyectos (para mayor información, véase el capítulo 6).

Registro Nacional de Emisiones

El RENE inició en octubre de 2014, cuando se expidió su Reglamento, que obliga a los diferentes sectores a reportar las emisiones generadas por fuentes fijas y móviles, directas e indirectas, de gases o compuestos de efecto invernadero de sus instalaciones, cuando la suma anual de éstas sea igual o superior a 25,000 ton de CO_2e. Los sectores[16] que

[16] No deben confundirse los sectores convencionales de las actividades civiles y económicas (sector electricidad, sector educativo, sector comercial, sector salud, etc.) con los que específicamente señala la metodología del IPCC, que formalmente son cuatro: 1) Energía; 2) Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés); 3) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), y 4) Residuos. En cada uno de ellos la información se organiza en categorías, subcategorías y fuentes, y se procesa para cubrir todas las actividades sociales de manera racionalizada en lo que toca a lo relacionado con el cambio climático, la mitigación y la adaptación.

deben reportar son: energía, industria, transporte, agropecuario, residuos, comercio y servicios.

Instrumentos económicos

Los tres órdenes de gobierno deben desarrollar y aplicar instrumentos económicos que estimulen el cumplimiento de los objetivos de la política nacional en materia de cambio climático. Éstos pueden ser mecanismos normativos o administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado. En esta materia destacan los Certificados de Energías Limpias (CEL), que se promueven a partir de la entrada en vigor de la nueva Ley de la Industria Eléctrica (LIE), producto de la reforma a la Constitución en materia de energía de diciembre de 2013. También se tiene el impuesto a las emisiones de carbono que tiene como objetivo gravar el consumo de combustibles fósiles. Entre 2014 y 2016, el impuesto al carbono recaudó en el país alrededor de 1,795 mdd (SHCP, 2018). Hasta ahora México es uno de los países con menores ingresos por concepto de impuestos ambientales, con apenas 0.06% como porcentaje del PIB en 2014 (CEFP, 2015).

Con la firma del Acuerdo de París, México se comprometió a considerar instrumentos de mercado, tal como un mercado de carbono como parte de su estrategia para alcanzar sus metas de mitigación. En 2016, México inició pruebas de un sistema de comercio de emisiones cuando la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Plataforma Mexicana de Carbono (MéxiCO$_2$),[17] realizaron un ejercicio de simulación de un mercado de carbono diseñado para reducir emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Su arranque tuvo lugar en noviembre de 2016 y su objetivo fue preparar a las empresas mexicanas en su transición hacia una economía baja en carbono, mediante el principal instrumento de mercado que se tiene: los sistemas de comercio de emisiones. Hasta 2018 se habían inscrito más de 90 empresas de diferentes sectores de la economía. Un bono de carbono representa una tonelada de dióxido de carbono equivalente (para mayor detalle véase el capítulo 4).

Políticas e instrumentos de cambio climático en entidades federativas

Conforme a la LGCC, las entidades federativas tienen una facultad concurrente en la atención del fenómeno del cambio climático. En 2018 se tienen los siguientes avances:

En materia legislativa, 23 estados tienen una ley de cambio climático publicada, dos se encuentran haciendo adecuaciones a sus leyes ambientales para incluir el tema de cambio climático y siete cuentan con una iniciativa de ley para su futura publicación.

Hay 26 estados que tienen una estructura interinstitucional con participación social (comisión o comité) que atiende los temas de cambio climático, de las cuales 17 están en operación.

Respecto de los instrumentos de política pública, 24 estados han elaborado su programa de cambio climático, aunque sólo diez se encuentran vigentes; 12 estados han incorporado sistemas de M&E en sus programas para dar seguimiento a las metas ahí establecidas; 11 cuentan con un instrumento financiero para apoyar actividades de atención al cambio climático, tales como fondos ambientales; 17 estados cuentan con una estrategia para realizar una aportación estatal a las CND y 14 estados promueven el desarrollo de planes o agendas de acción climática en el ámbito municipal (SEMARNAT, 2018) (**Figura 1.33**).

Compromisos internacionales de México ante el cambio climático

México ha participado activamente en las reuniones internacionales sobre cambio climático y desarrollo sustentable. Durante el periodo 2012-2018 jugó un papel importante en la definición de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y en la definición del régimen climático multilateral, impulsando la incorporación de temas estratégicos en las Conferen-

[17] Plataforma electrónica disponible en: http://www.mexico2.com.mx/

Figura 1.33 Políticas e instrumentos de cambio climático en las entidades federativas, 2018

Fuente: SEMARNAT (2018).

cias de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y, en particular, en las negociaciones del Acuerdo de París.

En 2013 fue el primer país en desarrollo en presentar sus Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) ante dicha Convención para el periodo 2020-2030. En ellas estableció sus objetivos en materia de mitigación de GYCEI, a partir de su situación nacional en cuanto a preparación técnica, prioridades, circunstancias y capacidades en un contexto global hacia una ruta de emisiones bajas en carbono (Gobierno de la República, 2015a).

En 2015 adoptó la Agenda 2030 que incluye entre sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) el número 13 correspondiente a Acción Climática.

También en ese año, durante la COP 21, México participó de manera decidida en las negociaciones del Acuerdo de París e impulsó la inclusión de asuntos como los siguientes:

- Definir objetivos ambiciosos del Acuerdo, como asegurar que el incremento de la temperatura atmosférica global quede muy por debajo de 2 °C con miras a que no rebase 1.5 °C y lograr un mundo resiliente al cambio climático: Esta preocupación se había impulsado desde la COP 16 de Cancún y es ahora por mucho considerada como la meta del régimen mundial de cambio climático.
- Contar con las recomendaciones de la mejor ciencia disponible, como apoyo y respuesta a los informes que genera el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).
- Lograr la participación de todos los países en el cumplimiento de la meta colectiva. México pro-

movió la idea de que el cambio climático es un problema que atañe a todos los países, no sólo a los desarrollados, a diferencia del Protocolo de Kioto, por lo que las acciones de respuesta deben involucrar a todas las Partes.

- Incorporar los enfoques de derechos humanos y de equidad de género. El liderazgo de México ha sido reconocido en las negociaciones de ambos temas, en especial en torno a este segundo rubro, y se ha reconocido que si bien las acciones deben enfocarse hacia una meta ambiciosa, estas acciones deben ser consistentes con el marco general de los derechos humanos, la inclusión y la igualdad de género, de manera que no se exacerben las desigualdades sociales. Estas consideraciones se incluyeron en el preámbulo del texto final.
- Impulsar el establecimiento de sistemas de alerta temprana para reducir los riesgos ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, como medidas de precaución y comunicación para las poblaciones con mayor riesgo ante impactos del cambio climático.
- Promover que las acciones de mitigación, adaptación y provisión de medios de implementación se lleven a cabo con un enfoque basado en la igualdad de género.
- Reflejar la necesidad de garantizar los flujos adecuados de financiamiento climático para incrementar progresivamente la cobertura de las acciones de mitigación y adaptación a nivel global. Se ha visto una gran tendencia a favorecer el financiamiento de medidas de mitigación (energías limpias, transportación eficiente, vivienda sustentable, etc.) más que de las de adaptación (sumideros de carbono, conservación de bosques y humedales y reforestación, entre otros). México apoyó una estrategia de equidad en ambas medidas principalmente por la alta vulnerabilidad del país.
- Dotar al Acuerdo de un mecanismo de ambición, incluyendo la revisión periódica global y el mecanismo de facilitación de la implementación y el cumplimiento.
- Fijar la obligatoriedad para que las Partes del Acuerdo mantengan en todo momento su compromiso de acción para mitigar conocido como Contribución Nacionalmente Determinada (CND), así como acciones para adaptarse al cambio climático.
- Fortalecer las acciones previas a la entrada en vigor del Acuerdo de París, conocidas como Proceso de Examen Técnico (TEP, por sus siglas en inglés). Dicho proceso explora políticas, prácticas y tecnologías de mitigación de gran potencial que pudieran aumentar la ambición de mitigación de la acción climática antes de 2020.
- Dar la bienvenida e invitar a la participación de actores distintos de los gobiernos nacionales, como son los gobiernos locales, el sector privado, la academia, las organizaciones de la sociedad civil, entre otros. México reconoció que el esfuerzo de las Partes de la Convención no sería suficiente para lograr la meta ambiciosa, por lo que se requiere de la suma de voluntades, en especial de gobiernos locales y municipales y de los actores recién citados.
- Incluir la opción de mecanismos con enfoques cooperativos para la implementación de medidas que garanticen la integridad ambiental y evitar la doble contabilidad de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mejorar el sistema de transparencia del régimen climático global, para lo cual México contribuyó con su experiencia derivada del marco legal que brinda la LGCC y las disposiciones de medición, reporte y verificación que establece. México ha sido reconocido como país en desarrollo por sus esfuerzos en esta materia e invitado a compartir su experiencia en la ejecución del esquema nacional de transparencia.

Contribución nacionalmente determinada

El 3 de diciembre de 2016, la Cámara de Senadores del Congreso de la Unión aprobó por unanimidad la ratificación del país al Acuerdo de París (AP) y México, como signatario de éste, se comprometió a descarbonizar su economía durante la segunda mitad del siglo y a aumentar su resiliencia al cambio climático. Con la ratificación del AP, las contribuciones previstas cambiaron su denominación a CND.

Asimismo, México presentó su Estrategia de medio siglo convirtiéndose en el primer país en desarrollo en presentarla ante la CMNUCC.

Adicionalmente, el país se ha consolidado como un socio importante de iniciativas bilaterales de cooperación en temas como fortalecimiento institucional, desarrollo de capacidades y gestión integral del riesgo en América Latina y el Caribe, y también es donante de cooperación sur-sur. También ha participado en el desarrollo y firmado diversas declaraciones y forma parte de alianzas y coaliciones sobre cambio climático (**Figura 1.34**).

Por último, cabe destacar que México fue sede de la 45ª sesión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) realizada en 2016 en Guadalajara, Jalisco, reafirmando su compromiso con el impulso al conocimiento científico como la base para la toma de decisiones para la política climática internacional.

Contribución Nacionalmente Determinada

La CND de México contiene un componente de mitigación y otro de adaptación, enfatiza la necesidad de generar sinergias entre éstos. Ambos componentes contemplan dos tipos de medidas: las no condicionadas (aquellas que el país puede solventar con sus propios recursos) y las condicionadas (que requieren recursos adicionales y mecanismos de transferencia de tecnología).

Mitigación

No condicionadas

- Reducción de 22% en las emisiones de GEI hacia el año 2030.
- Reducción de 51% en las emisiones de carbono negro hacia el año 2020.

Condicionadas

En caso de adoptarse un acuerdo global que incluya, por ejemplo, un precio al carbono internacional, ajustes a aranceles por contenido de carbono, cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y a la transferencia de tecnología, todo ello a una escala equivalente con el reto del cambio climático global:

- Reducción de 36% en las emisiones de GEI hacia el año 2030.
- Reducción de 70% en las emisiones de carbono negro hacia el año 2030.

Adaptación

No condicionadas

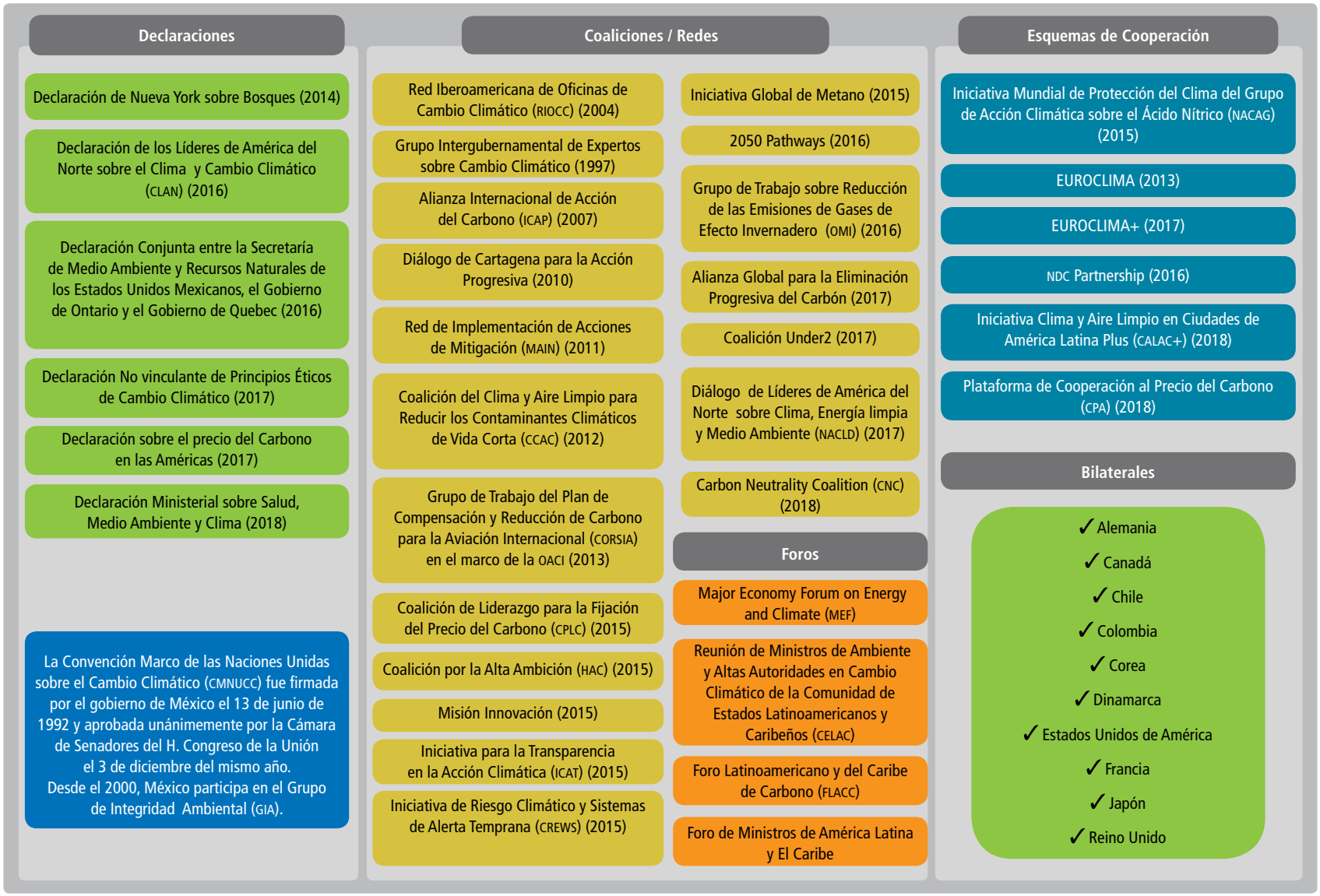
- Reducir en 50% el número de municipios vulnerables (319) y llegar a 160 municipios.
- Alcanzar una tasa cero de deforestación en 2030.
- Instalar sistemas de alerta temprana y gestión de riesgo en los tres órdenes de gobierno ante eventos hidrometeorológicos extremos.

Condicionadas

- Desarrollo de capacidades
- Transferencia de tecnología
- Financiamiento para la adaptación

Gobierno de la República (2015a).

Figura 1.34 **Participación y alianzas internacionales de México en materia de cambio climático, 2012-2018**



Género y cambio climático

México avanzó en la última década en el diseño y consolidación de diversos instrumentos jurídicos y en el desarrollo de políticas públicas para visibilizar y atender las desigualdades de género existentes en el país. La igualdad de género se colocó en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 como principio esencial y rector de las políticas públicas y como línea transversal que debe estar presente en los programas de todas las secretarías de Estado, y en los programas regionales y especiales, para garantizar la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres.

En particular el Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminación contra las Mujeres 2013-2018 (PROIGUALDAD), que mandata a todas las secretarías de Estado diseñar políticas públicas dirigidas a combatir las causas históricas y estructurales que impiden y obstaculizan el desarrollo de mujeres y niñas, contiene tres estrategias vinculadas con cambio climático para a) armonizar los derechos de las mujeres con la legislación nacional y con los convenios y tratados internacionales relacionados al cambio climático; b) incorporar la perspectiva de género en la detección y disminución de riesgos, la atención a emergencias y la reconstrucción en desastres naturales y antropogénicos, y c) incorporar este enfoque en las políticas ambientales y de sustentabilidad, incluyendo el marco jurídico.

En este marco, se incorporó la perspectiva de género en la ENCC y en las políticas ambientales, y el Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES) participa en el Grupo de Políticas de Adaptación de la CICC. Asimismo, la CND reconoce la necesidad de considerar el papel que juegan las mujeres en el consumo energético; cuidar que en el cumplimiento de estos compromisos no se exacerben los impactos del cambio climático en las mujeres; dar prioridad a los sectores vulnerables en los procesos de fortalecimiento de capacidades, para reducir la desigualdad y las brechas existentes entre hombres y mujeres; fortalecer la capacidad de adaptación de la población mediante el desarrollo de mecanismos de participación social inclusivos desde una perspectiva de género y de derechos humanos; y asegurar la participación social y la construcción de capacidades de la sociedad, las comunidades locales, la población indígena, las mujeres y hombres, los jóvenes, y el sector privado, en la planeación climática nacional y subnacional (Gobierno de la República, 2015a).

México ha participado de manera activa en las Conferencias de las Partes de la CMNUCC. Desde la cop 16, que se realizó en Cancún, Quintana Roo, promovió la incorporación de temas de género en el Acuerdo de Cancún, que reconoce la importancia de la igualdad de género y de la participación activa de las mujeres y de los pueblos indígenas frente al cambio climático.

Adicionalmente, se ha avanzado en la producción de conocimiento científico sobre el vínculo entre género y cambio climático, principalmente en materia forestal (REDD, de gestión de riesgos de desastres, vulnerabilidad y adaptación). De 2012 a 2018 se desarrollaron diversas investigaciones y proyectos y se generaron espacios de discusión y socialización de hallazgos y experiencias que diversas organizaciones de la sociedad civil han adquirido en los temas de adaptación y mitigación con perspectiva de género, a partir de trabajo desarrollado con comunidades (en los capítulos 3 "Políticas y medidas de mitigación" y 5 "Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático" se presenta mayor información sobre avances en materia de género).

1.3 Evaluación de la política nacional de Cambio Climático

El Estado mexicano ha puesto en marcha la evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) como un instrumento novedoso que le permite asegurar que los objetivos de ésta se cumplan y atribuyan mediante el análisis objetivo, independiente y experto de los resultados obtenidos, y que el impacto de su instrumentación permita afirmar la reducción de emisiones y de la vulnerabilidad de la población, ecosistemas y sectores productivos, así como el incremento de capacidades para un desarrollo humano de bajas emisiones en carbono.

La evaluación de la PNCC se ejerce a través de la Coordinación de Evaluación, un organismo creado por la Ley General de Cambio Climático (LGCC), que incorpora la participación de evaluadores independientes del gobierno provenientes de los sectores académico, técnico e industrial, quienes, junto con la titular del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), conducen el proceso de evaluación. Para el cumplimiento de esta tarea, la Coordinación de Evaluación cuenta con una Secretaría Técnica, la cual se ejerce a través de una unidad administrativa del INECC, creada ex profeso conforme a la propia LGCC y que está adscrita a la Coordinación General de Cambio Climático para la Evaluación de las Políticas de Mitigación y Adaptación del INECC.

Siguiendo las mejores prácticas internacionales en la materia, la Coordinación de Evaluación trabaja con base en un Código de ética que asegura la conformidad de sus decisiones con principios de transparencia, objetividad, certeza, eliminación de conflicto de intereses y atención y fundamento de sus decisiones en la mejor ciencia, evidencia e información disponibles. La Coordinación opera mediante un Reglamento Interno para garantizar la gobernanza y legitimidad en la toma de sus decisiones. Cuenta con un Programa de Trabajo que tiene una visión de mediano plazo que le permite guardar una perspectiva amplia en la valoración de los hallazgos y resultados en las evaluaciones que implementa y en la formulación de las recomendaciones que presenta a los integrantes del Sistema Nacional

de Cambio Climático (SINACC), conforme a los Lineamientos y criterios específicos para la evaluación de la política nacional de cambio climático, aprobados por la propia Coordinación y por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), el Consejo de Cambio Climático y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

A la fecha, la Coordinación de Evaluación ha practicado dos evaluaciones que abarcan instrumentos de política pública federal: el Anexo Transversal en materia de Cambio Climático del Presupuesto de Egresos de la Federación y el *Programa especial de cambio climático 2014-2018*. Estos primeros ejercicios han generado efectos directos para mejorar las políticas públicas en materia de cambio climático. El proceso de evaluación de la política nacional de cambio climático fue distinguido en noviembre de 2017 por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), con el reconocimiento: "Buenas prácticas en el uso de los resultados de monitoreo y evaluación en el ciclo de las políticas públicas".

Conforme a sus atribuciones, la Coordinación de Evaluación en el marco del Programa Anual de Evaluaciones de Programas Presupuestarios de la Administración Pública Federal 2018, evalúa intervenciones que abarcan la mitigación y la adaptación. En mitigación se tratan aspectos como la generación de energía eléctrica, de índole principalmente federal, el transporte terrestre, principalmente en el nivel estatal, y los residuos sólidos urbanos, prioritariamente en el orden municipal. En adaptación, se abordan las capacidades de municipios para atender las condiciones de vulnerabilidad al cambio climático.

También se desarrolla un sistema de indicadores de eficiencia e impacto que guían u orientan la evaluación de la PNCC. Para ello se han revisado las experiencias más relevantes en países que cuentan con sistemas de información y mecanismos de seguimiento sobre mitigación y adaptación al cambio climático: Alemania, Colombia, Chile, Reino Unido y Sudáfrica, casos que aportan elementos para disponer de un sistema de indicadores que permita valorar los avances frente al fenómeno más importante que afecta a nuestro planeta.

Contexto

La PNCC se encuentra sujeta a evaluación periódica y sistemática por parte de la Coordinación de Evaluación, con la finalidad de que este organismo proponga modificaciones, adiciones o la reorientación total o parcial de esta (DOF, 2012).

Se integra con la participación ciudadana para el proceso de valoración de la efectividad y de los resultados de las políticas públicas de cambio climático. La **Figura 1.35** muestra la interacción de la Coordinación de Evaluación con el INECC y sus áreas administrativas, en el seno del SINACC.

La evaluación de la PNCC se establece en los artículos 101 y 102 de la LGCC y debe realizarse cada dos años. Para tal efecto, la Coordinación debe tomar en cuenta los informes de evaluación del IPCC, así como las evaluaciones periódicas establecidas dentro del Acuerdo de París, para proponer en su caso modificaciones, adiciones o la reorientación total o parcial de dicha política.

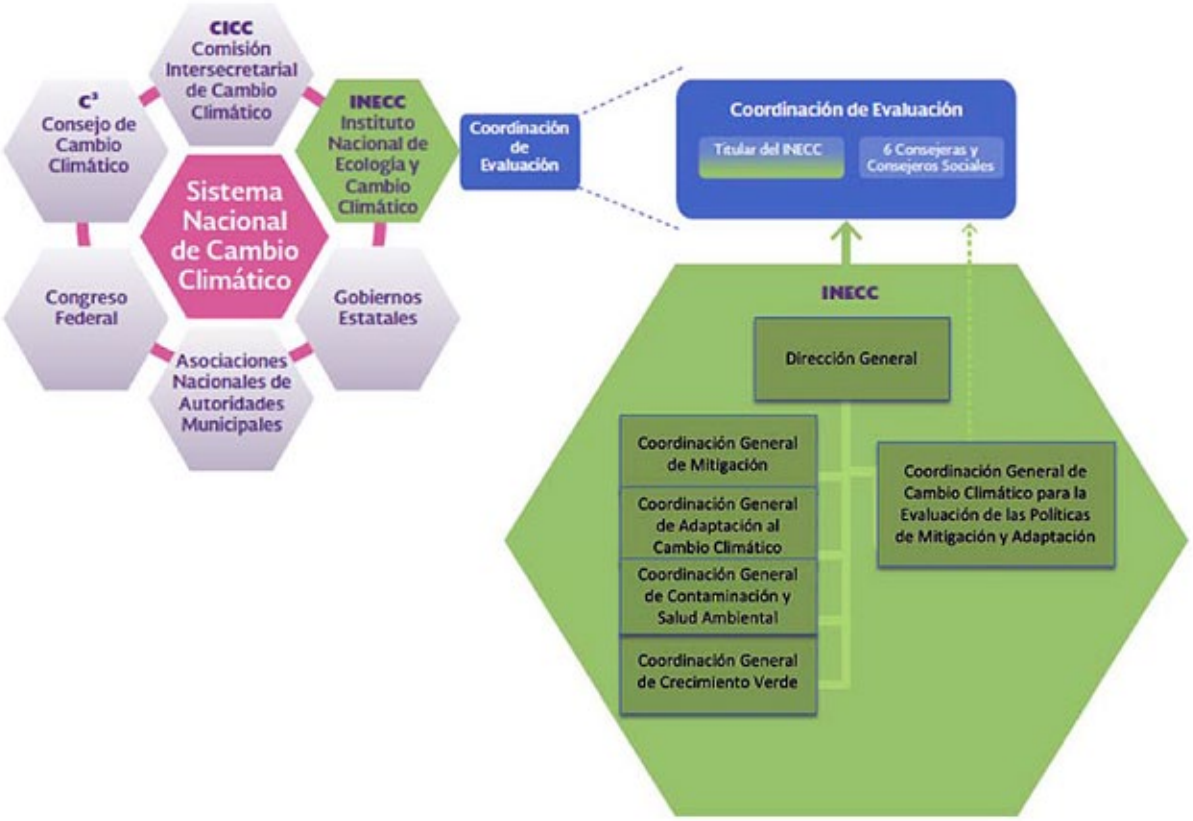
Con base en los resultados de las evaluaciones se emiten recomendaciones a los integrantes del sinacc. Tanto los resultados como las recomendaciones revisten un carácter público (DOF, 2012)[18] y se publican en la página del Sistema de Información sobre Cambio Climático, así como en el Diario Oficial de la Federación.

Los resultados y recomendaciones de las evaluaciones deben considerarse en la formulación, revisión o actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) y en el *Programa especial de cambio climático* (PECC). Asimismo, las entidades federativas y los municipios pueden incorporar dichos resultados en sus programas (DOF, 2012)[19].

De acuerdo con los Lineamientos específicos de evaluación de la PNCC, puede ser objeto de evaluación todo tipo de intervención que forme parte de dicha política incluyendo instrumentos de planeación, económicos, regulatorios, de información e intervenciones dirigidas a proveer bienes y servicios públicos (INECC, 2016).

[18] LGCC, art. 99.
[19] LGCC, art. 103.

Figura 1.35 **Interacción entre la Coordinación de Evaluación, el INECC y el SINACC**



Fuente: Elaboración propia INECC, 2018.

Objetivos de adaptación contenidos en el artículo 101 de la LGCC

- Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos.
- Minimizar riesgos y daños, una vez considerados los escenarios actuales y futuros del cambio climático.
- El desarrollo y aplicación eficaz de los instrumentos específicos de diagnóstico, medición, planeación y monitoreo necesarios para enfrentar el cambio climático.
- Identificar la vulnerabilidad y capacidad de adaptación y transformación de los sistemas ecológicos, físicos y sociales, y aprovechar las oportunidades generadas por nuevas condiciones climáticas.
- Establecer mecanismos de atención inmediata y expedita en zonas impactadas por los efectos del cambio climático como parte de los planes y acciones de protección civil.
- Facilitar y fomentar la seguridad alimentaria, la productividad agrícola, ganadera, pesquera, acuícola, la preservación de los ecosistemas y de los recursos naturales.
- Los demás que determine la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

Fuente: DOF (2012).

Objetivos de mitigación contenidos en el artículo 102 de la LGCC

- Garantizar la salud y la seguridad de la población mediante el control y la reducción de la contaminación atmosférica.
- Reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, y mejorar los sumideros de gases con el mismo efecto por medio del fomento de patrones de producción y consumo sustentables en los sectores público, social y privado, fundamentalmente en áreas como la generación y consumo de energía, el transporte y la gestión integral de los residuos.
- Sustituir de manera gradual el uso y consumo de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía.
- Medir la eficiencia energética, el desarrollo y uso de fuentes renovables de energía y la transferencia y desarrollo de tecnologías bajas en carbono, particularmente en bienes inmuebles de dependencias y organismos de la Administración Pública Federal centralizada y paraestatal, de las entidades federativas y de los municipios.
- Elevar los estándares de eficiencia energética de los automotores mediante la creación de normas de eficiencia para vehículos nuevos y de control de emisiones para los vehículos importados.
- Coordinar las políticas y los programas federales encaminados a revertir la deforestación y la degradación.
- La conservación, protección, creación y funcionamiento de sumideros.
- La conservación, protección y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.
- El establecimiento de metodologías que permitan medir, reportar y verificar las emisiones.
- El desarrollo y uso de transporte público, masivo y con altos estándares de eficiencia, por medio de la sustitución de combustibles fósiles y el desarrollo de sistemas de transporte sustentable urbano y suburbano, público y privado.
- Reducir la quema y venteo de gas para disminuir las pérdidas en los procesos de extracción y en los sistemas de distribución y garantizar al máximo el aprovechamiento del gas en instalaciones industriales, petroleras, gaseras y de refinación.
- Promover el aprovechamiento del gas asociado a la explotación de los yacimientos minerales de carbón.
- El aprovechamiento energético de los residuos en proyectos de generación de energía.
- Destinar incentivos económicos y fiscales para impulsar el desarrollo y la consolidación de industrias y empresas socialmente responsables con el medio ambiente.
- Los demás que determine la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

Fuente: DOF (2012).

Para la determinación de las evaluaciones a realizar se atenderá a la relevancia estratégica de las intervenciones respecto de los objetivos de política de mitigación y de adaptación al cambio climático, el monto de los recursos asignados, la factibilidad de la evaluación en razón de la disponibilidad y calidad de la información, entre otros elementos que permitan sustentar la decisión de evaluar determinada intervención, la utilidad de esta y cualquier otro criterio que determine la Coordinación de Evaluación, o bien solicitudes de evaluación que le formulen las Secretarías Técnicas del sinacc, del Consejo de Cambio Climático o de la cicc, otras dependencias y entidades de la administración pública, gobiernos de las entidades federativas y de los municipios.

La Coordinación de Evaluación puede emprender los siguientes tipos de evaluación[20] en las intervenciones que conforman la materia evaluable:

I. Evaluación de diseño.
II. Evaluación de procesos.
III. Evaluación de resultados.
IV. Evaluación de impacto.
V. Evaluación estratégica.
VI. Evaluación específica.

La evaluación de diseño se dirige a valorar la pertinencia de los objetivos de una intervención con respecto a los objetivos de la PNCC, y si los medios para el logro de los objetivos reflejan una ruta efectiva y eficiente.

La evaluación de procesos analiza la implementación de una intervención con el fin de determinar si ésta se lleva a cabo de manera eficiente y eficaz para contribuir al cumplimiento de los objetivos de la PNCC.

La evaluación de resultados analiza en qué medida una intervención está produciendo los resultados esperados para la mitigación y/o la adaptación al cambio climático; y, qué factores están permitiendo u obstaculizando el logro de estos resultados; si se cuenta con información confiable, suficiente y sistemática sobre los resultados y, cuando aplique, con metodologías rigurosas para medirlos o calificarlos.

La evaluación de impacto analiza los efectos de largo plazo, positivos o negativos, primarios o secundarios, producidos directa o indirectamente, intencionalmente o no, por una intervención, con el objetivo de determinar su contribución a los objetivos de la PNCC y, cuando sea posible, los cambios atribuibles a su implementación.

La evaluación estratégica se aplica a un conjunto de intervenciones que contribuye a uno o varios de los objetivos de la PNCC, con el fin de analizar, según sea el caso, la coherencia entre las intervenciones, la articulación de sus procesos operativos y sus resultados o impactos agregados, entre otros aspectos. Este tipo de evaluación puede comprender intervenciones de diferentes sectores y órdenes de gobierno.

Finalmente, la evaluación específica es toda aquella evaluación en materia de cambio climático que la Coordinación de Evaluación considere prioritaria.

En el inicio de sus operaciones, la Coordinación de Evaluación recibió apoyo del Programa de Desarrollo Bajo en Emisiones para México (MLED, por sus siglas en inglés), dependiente de la Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés). También contó con el apoyo técnico del Programa de Cooperación en Energía y Cambio Climático México-Dinamarca y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con el Proyecto para la integración de esta Comunicación Nacional.

Esta colaboración hizo posible la formulación y eventual adopción del Programa de Trabajo de la Coordinación de Evaluación 2015-2018 (INECC, 2015) su Reglamento Interno (INECC, 2015a), el Código de Ética (INECC, 2016a) y los Lineamientos y criterios específicos de evaluación de la política nacional de cambio climático (INECC, 2016), así como el desarrollo de estudios para caracterizar los indicadores de eficiencia e impacto con el objetivo de guiar la evaluación de esta política nacional (INECC-PNUD, 2018).

[20] Coordinación de Evaluación, INECC, Lineamiento décimo sexto de los Lineamientos específicos para la evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático, disponibles en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/90373/CGEP-MACC_2016_Lineamientos_y_criterios_evaluacion_PNCC.pdf

Definición de la Política Nacional de Cambio Climático

Uno de los primeros esfuerzos de la Coordinación de Evaluación fue determinar el concepto de la PNCC para priorizar las evaluaciones y definir el ámbito de responsabilidad de este organismo frente a las diferentes dependencias y entidades responsables de implementar políticas, programas y proyectos en materia de cambio climático y establecer la materia evaluable.

La PNCC se concibe como el "conjunto de intervenciones públicas desarrolladas por los tres órdenes de gobierno que contribuyen a reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y transitar hacia una economía baja en carbono, así como también a disminuir la vulnerabilidad y fortalecer la adaptación de la población, los ecosistemas y los sistemas productivos ante los efectos del cambio climático" (INECC, 2016).

Con base en esta definición, la Coordinación determinó adoptar un enfoque de frontera apropiado, relevante y útil para la evaluación de temas en los que es difícil identificar la atribución de resultados a políticas o programas en los que intervienen diferentes sectores y órdenes de gobierno, como es el caso del cambio climático. Dicho enfoque recibe el nombre de Teoría del Cambio (TDC).

La TDC es un modelo analítico que explica cómo y por qué se espera que una intervención, una política pública o una organización contribuya al logro de un objetivo o cambio deseado, a partir de la reconstrucción de las cadenas causales de precondiciones o resultados intermedios que, se asume, son necesarios para la consecución de dicho objetivo. La TDC identifica el fin último de la PNCC (INECC-PNUD, 2017a), el cual se concibe en los siguientes términos: "Se transita hacia un desarrollo nacional sustentable, resiliente y bajo en carbono para reducir los efectos negativos del cambio climático". De lo anterior se derivan dos condiciones, mismas que corresponden de forma natural a los ejes fundamentales de adaptación y mitigación, y se establecen las precondiciones que se muestran en la **Tabla 1.4**.

Cada una de las anteriores precondiciones considera diferentes supuestos a los que se les denomina precondiciones específicas, que son necesarias para su cumplimiento y se pueden identificar con mayor claridad en el mapa de la TDC.

Precondiciones para la mitigación

1. Aprovechamiento sustentable de la energía para reducir la intensidad energética.
2. Efectividad en la gestión de los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (ccvc).
3. Transitar hacia el uso de energías limpias.
4. Preservación e incremento de los sumideros de carbono.
5. Transitar hacia ciudades con modelos sustentables.
6. Gestionar el desarrollo del sector agropecuario, forestal y pesquero con un enfoque de sustentabilidad.

Precondiciones para la adaptación

1. Se conservan, restauran y manejan sustentablemente los ecosistemas y su biodiversidad y se mantienen los servicios ambientales.
2. Se reduce la vulnerabilidad de la infraestructura estratégica y los sistemas productivos.
3. Se reduce la vulnerabilidad del sector social.

Tabla 1.4 **Ejes fundamentales de la PNCC**

Ejes fundamentales	Condiciones
Mitigación	Evitar y reducir las emisiones de GCEI para contribuir a su estabilización en la atmósfera.
Adaptación	Fortalecer el proceso de adaptación en el territorio nacional.

Resultados de la evaluación

A la fecha se han completado dos evaluaciones estratégicas: la Evaluación del Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación y la Evaluación estratégica del *Programa especial de cambio climático* 2014-2018.

Una tercera evaluación, que se encuentra en proceso, aborda temas en mitigación de índole federal: generación de energía eléctrica; de ámbito estatal: transporte terrestre; y de índole municipal: gestión de residuos sólidos urbanos. En cuanto a la adaptación, esta evaluación aborda las capacidades con las que cuentan los municipios para hacer frente a la vulnerabilidad climática. A continuación, se mencionan algunos resultados destacables de dichas evaluaciones.

Evaluación del Anexo Transversal del PEF en materia de Cambio Climático[21]

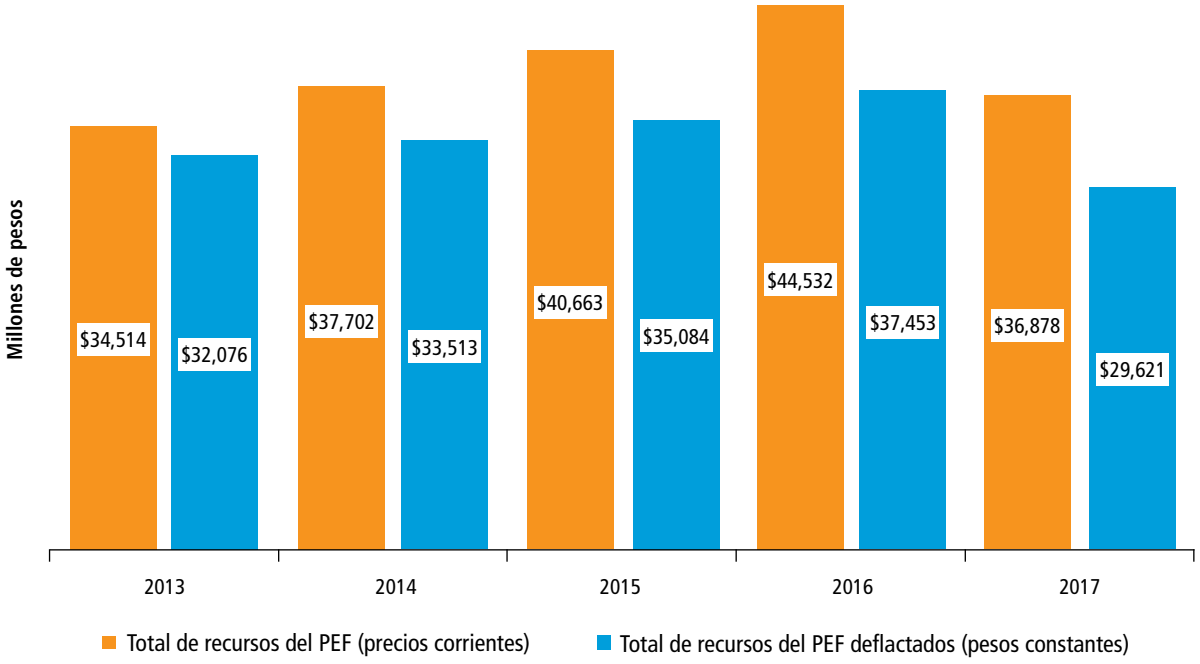
Contar con recursos presupuestales en materia de acción climática constituye una condición necesaria para el cumplimiento de los fines de la PNCC (INECC, 2017). Por ello, la Coordinación de Evaluación determinó en 2016 llevar a cabo la evaluación de tipo estratégica del Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) en materia de Cambio Climático, también identificado como AT-CC. La evaluación del AT-CC se centró en valorar el diseño de dicho mecanismo, así como los procesos que se desarrollaron para ponerlo en marcha por primera vez para el ejercicio fiscal 2013 y desde entonces los procesos que se siguen para contar con un AT-CC en cada ejercicio presupuestal.

A partir del año 2013, el AT-CC incluye más de 34 mil millones de pesos del presupuesto federal dirigido a las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Sin embargo, la evaluación reveló que no se cuenta con criterios documentados para determinar montos y porcentajes de los programas presupuestarios para desarrollar acciones de cambio climático. Sólo cuatro de 53 programas presupuestarios del AT-CC 2016 incluyen en sus matrices de indicadores para resultados, objetivos o indicadores con alguna relación al cambio climático. La **Figura 1.36** incluye los recursos identificados en el AT-CC para acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en el periodo 2013 a 2017.

Como resultado de esta evaluación (INECC, 2017) se destaca la fortaleza institucional y estructural del Estado mexicano de contar con un apartado específico en su presupuesto de egresos federal que permita conocer de manera puntual los recursos que contribuyen a las acciones de mitigación y de adaptación al cambio climático. Se destaca la existencia de instancias de coordinación como la CICC y el SINACC que involucran a las dependencias, entidades y al Congreso de la Unión para acordar, implementar y dar seguimiento a las acciones que les corresponde en materia climática.

[21] Véase https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261387/Informe_evaluacion_ATCC_final_limpio_1__1_.pdf

Figura 1.36 Recursos para acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, 2013-2017



Fuente: elaboración propia con datos del PEF de 2013 a 2017, en pesos corrientes, y recursos deflactados con base en el INPC 2010 elaborado por el INEGI.

No obstante, entre los hallazgos de esta evaluación se advierte que los procesos de diseño, integración y seguimiento del AT-CC no se han realizado bajo un esquema de coordinación transversal. La evaluación revela oportunidades para que el SINACC y la CICC ejerzan sus facultades para orientar la transversalidad del pef destinado al cumplimiento de los objetivos de la PNCC. Tampoco fue posible apreciar en qué grado o en qué medida los recursos presupuestales previstos en los ramos y programas presupuestarios contenidos en el AT-CC durante el periodo 2013-2017 se destinaron a acciones relevantes para la mitigación o la adaptación al cambio climático y, en consecuencia, no es posible valorar los resultados que se hayan obtenido en cuanto a mitigación o adaptación al cambio climático.

En este contexto, la evaluación del AT-CC recomendó el establecimiento de un grupo de trabajo que formule los criterios de mitigación y adaptación que han de considerarse en la integración, seguimiento y evaluación de los recursos contenidos en el PEF.

Para que en el ejercicio del gasto se cumplan los objetivos de la PNCC es imprescindible mejorar el sistema de seguimiento y reporte del impacto del financiamiento público, y para ello debe haber vinculación y congruencia entre el AT-CC y el PECC.

Evaluación del Programa especial de cambio climático 2014-2018[22]

El PECC es el instrumento de planeación sexenal del gobierno federal en materia de cambio climático. En él se establecen los objetivos, estrategias, líneas de acción y metas que la Administración Pública Federal aplica de manera transversal para la mitigación y adaptación.

[22] Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261388/Informe__evaluacion_PECC_final_limpio_1_.pdf

La evaluación del PECC 2014-2018 (INECC, 2017b) reveló que dicho instrumento cuenta con un marco legal *ex profeso*, ya que la LGCC establece los elementos, proyectos, programas y acciones que debe cumplir, pero, dada la naturaleza multifactorial, multisectorial y territorial del cambio climático, que implica la responsabilidad de los tres órdenes de gobierno, se requiere de instituciones fuertes y consolidadas con conocimiento, capacidad de evaluación y ejecución de la PNCC, lo cual es todavía un reto para México.

Con respecto a la definición de las líneas de acción, no se encontraron criterios documentados o análisis costo-beneficio u otro tipo de metodologías para establecer prioridades en materia de mitigación, adaptación e investigación de cambio climático. El diagnóstico del PECC no abunda en la importancia de la coordinación de acciones y resultados en las instancias destinadas específicamente a fomentar y desarrollar dicha coordinación, como el SINACC y la CICC, por lo que es necesario establecer prioridades para mejorar la instrumentación de la PNCC.

Por otro lado, en el diseño del PECC no se encontraron lineamientos, criterios o guías para instrumentar la medición, la presentación de informes y la verificación de las medidas y acciones de adaptación y mitigación ahí contenidas. El PECC establece cinco objetivos y para medir sus avances incluye diez indicadores. Además, cada una de sus 199 líneas de acción tiene una línea base y metas específicas. Esta multiplicidad de elementos de implementación del PECC dificulta su monitoreo y seguimiento, ya que ese monitoreo se realiza en forma manual y no existe un sistema de seguimiento *ad hoc* para conocer los avances de cada línea de acción.

La evaluación revela la necesidad de vincular el PEF, particularmente el Anexo Transversal en materia de Cambio Climático (AT-CC) con la ejecución de cada una de las líneas de acción del PECC. En la actualidad se cuenta con líneas de acción que no fueron dotadas de presupuesto, por lo que su cumplimiento está en riesgo. En el caso del PECC se encontró que solamente 83 líneas de acción están financiadas por el AT-CC. En 2014, sólo 23 programas presupuestarios de los 75 que integraron el AT-CC financiaron alguna línea de acción de dicho programa. De las 199 líneas de acción que componen el PECC, solamente 43% se cumple en tiempo y forma. El resto tiene retrasos, han sido canceladas o no han reportado avances.

No obstante, el PECC ha permitido institucionalizar la inclusión de acciones de cambio climático en la Administración Pública Federal. Sin embargo, para dar mayor operatividad a sus acciones, es necesario robustecer los mecanismos de seguimiento, monitoreo, reporte y verificación a fin de poder evaluar su impacto en la mitigación y adaptación al cambio climático. La evaluación desarrollada aborda el hecho de que, para la conformación del PECC que dará continuidad al del periodo 2014-2018, será fundamental considerar la atención brindada a los compromisos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en el contexto del Acuerdo de París, así como a los temas derivados de la Reforma Energética de 2013-2014, y para ello será indispensable involucrar al sinacc y a la CICC en su elaboración y en su articulación con el AT-CC.

Reconocimiento a las evaluaciones de la PNCC

En noviembre de 2017, el CONEVAL otorgó al INECC el reconocimiento por la implementación de las evaluaciones estratégicas del AT-CC y del PECC 2014- 2018.

En la valoración para la entrega de dicho premio se reconoció que, con el diseño e implementación de las dos primeras evaluaciones, se generaron elementos normativos y procesales para dar certeza y legitimidad al proceso de evaluación, tales como un programa de trabajo con una visión al 2025, y la adopción de un Código de Ética inspirado en las mejores prácticas internacionales.

Asimismo, se desarrolló un Reglamento Interno y se diseñaron los Lineamientos y criterios específicos para la evaluación de la PNCC, adoptados por la CICC, el C3 y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), publicados en acuerdo con la Unidad de Evaluación del Desempeño de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y del propio CONEVAL, instancias participantes en el Sistema de Evaluación del Desempeño.

Los resultados y recomendaciones han servido para identificar oportunidades en el diseño del gas-

to público federal y para una mejorada programación y seguimiento de acciones para atender los efectos adversos del cambio climático. Conforme a la Ley, las evaluaciones del AT-CC y del PECC fueron entregadas a la Cámara de Diputados y a la Cámara de Senadores en octubre de 2017.

Indicadores para la evaluación de la PNCC

La LGCC establece en su artículo 100 que la Coordinación de Evaluación, junto con el C3, la CICC y el INEGI, desarrollarán el conjunto de lineamientos y criterios, así como los indicadores de eficiencia e impacto que guíen u orienten el desarrollo de la evaluación de la PNCC.

En este sentido, con apoyo del PNUD, se financiaron en 2017 los trabajos dirigidos a identificar las mejores prácticas internacionales sobre sistemas de indicadores de política pública de cambio climático que pudieran ser incorporadas en el sistema de indicadores de eficiencia e impacto que guíen u orienten la evaluación de la PNCC en México en una propuesta que fue completada y sometida a la consideración de la Coordinación de Evaluación (INECC-PNUD, 2017a).

Así, la Coordinación busca completar un sistema de indicadores que pueda alimentarse de información disponible en fuentes oficiales; que encuentre vinculación con otros instrumentos de política climática, como la ENCC, el PECC, o bien, con indicadores ya existentes en programas sectoriales que deberán actualizarse en el tiempo, tales como el Programa Sectorial de Energía (PROSENER), el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Programa Nacional Hídrico.

En el proceso para completar el sistema de indicadores se han revisado los indicadores de más de 400 programas presupuestarios que ejercen diferentes dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Los programas presupuestarios son los instrumentos vinculados al sistema de planeación nacional y al presupuesto basado en resultados a través de los cuales se realiza el seguimiento y un monitoreo del uso de los recursos públicos en la ejecución de acciones para proveer de bienes o de servicios a la población mediante la acción de las autoridades.

Se busca también que la propuesta de indicadores imprima una visión de largo plazo. Es decir, que se asegure su permanencia de manera transexenal. Con el advenimiento de la agenda de desarrollo sostenible al 2030 y con la adopción del Acuerdo de París, se pretende además que la medición de avances en la eficiencia e impacto de la política climática sea congruente con la CND y que se traduzca en compromisos de mitigación y adaptación para el periodo 2020-2030 (que prevén una reducción de 22% conforme a la línea base).

Para la mitigación se está refinando la propuesta a fin de identificar los avances en la implementación de políticas en sectores con contribuciones importantes al cambio climático, como la generación de energía eléctrica, la intensidad en el uso de energía, el transporte y la conservación de los sumideros de carbono. En adaptación, se analizan los medios que permitan destacar la vulnerabilidad del sector social, de los ecosistemas, de los sistemas productivos y de la infraestructura estratégica, a través de información que permita conocer las afectaciones generadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Evaluación estratégica en temas selectos de mitigación y adaptación en 2018

En 2018, la Coordinación de Evaluación lleva a cabo un ejercicio de valoración de política de cambio climático en temas selectos de políticas de mitigación y adaptación que inciden en los tres órdenes de responsabilidad: federal, estatal y municipal.

En cuanto a políticas de mitigación se abordan los temas de generación de energía eléctrica, transporte y residuos sólidos urbanos. En lo que toca a políticas de adaptación se consideraron las condiciones, capacidades o circunstancias que inciden en la vulnerabilidad en los municipios en mayor riesgo, así como las capacidades para enfrentar la vulnerabilidad al cambio climático (INECC, 2018a).

Esta evaluación particular se incluye como parte del Programa Anual de Evaluación de los Programas Federales y de los Fondos con Aportaciones Federales para el ejercicio fiscal 2018. Este documento determina los tipos y los tiempos de las evaluaciones que se aplican a los programas federales en la Administración Pública Federal, las políticas públicas y los fondos de aportaciones federales en 2018.

La metodología que se aplicó en esta evaluación fue diseñada originalmente por la SHCP y adaptada por la Coordinación de Evaluación para revisar ámbitos estratégicos y de gestión en las principales intervenciones de generación de energía eléctrica, transporte y residuos sólidos urbanos en cuanto a su diseño, procesos y resultados. Esto mismo se aplica a las intervenciones que inciden en la atención a la vulnerabilidad: el atlas nacional de riesgo, los programas municipales de atención al cambio climático, así como otras políticas que influyen en la capacidad institucional para enfrentar la vulnerabilidad climática.

Después de un análisis cuantitativo y cualitativo de emisiones, población, actividades productivas y datos socioambientales, la Coordinación de Evaluación decidió revisar a las entidades y municipios que se muestran en la **Tabla 1.5.**

Para realizar esta evaluación, el INECC reunió a representantes de la CICC, de organismos y dependencias del gobierno federal, del C3 y de entidades federativas y municipios participantes, incluidos algunos alcaldes, así como a representantes de organizaciones no gubernamentales y miembros de la sociedad civil. El informe de evaluación 2018 se entregará al Congreso de la Unión conforme lo establece la lgcc y sus resultados se incluirán en la Séptima Comunicación Nacional ante la CMNUCC.

Tabla 1.5 Entidades y municipios evaluados en materia de mitigación y adaptación, 2018

Estado	Municipio
Estado de México	Ecatepec
	Toluca
	Villa de Allende
Nuevo León	Monterrey
	Linares
	Galeana
Sinaloa	Culiacán
	Ahome
	Sinaloa
Jalisco	Guadalajara
	Puerto Vallarta
	Cuautitlán
Veracruz	Veracruz
	Coatzacoalcos
	Atzalan
Yucatán	Mérida
	Tizimín
	Chichimilá

Prácticas destacadas derivadas del proceso de evaluación

En el orden subnacional existen prácticas que destacan debido a su utilidad para incrementar la capacidad de gestión de autoridades estatales y municipales. Un ejemplo es el de las Juntas Intermunicipales en materia de Medio Ambiente del estado de Jalisco. Estas permiten que municipios se agrupen regionalmente para atender los diferentes temas de responsabilidad en materia ambiental. En la actualidad se han creado ocho juntas intermunicipales y un organismo descentralizado en el que participan presidentes municipales, servidores públicos estatales y federales, así como representantes de la sociedad civil.

Como resultado de la operación de las juntas regionales se han implementado proyectos y acciones relacionadas con la generación de energía, gestión de residuos, conservación y manejo de fuego.

Otra práctica destacable es el Acuerdo General de coordinación entre los estados de la Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) en materia de cambio climático. En este acuerdo, las secretarías de estado responsables de los temas de

medio ambiente son las principales encargadas de la gestión de los asuntos relacionados con la mitigación y la adaptación estatal, entre los que se encuentra la implementación de una Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático, un Programa Regional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal y la creación de un Fondo para la Acción Climática, todos éstos con un enfoque de atención regional para la Península de Yucatán.

Referencias

Aguirre Muñoz, A., A. Samaniego Herrera, L. Luna Mendoza, A. Ortiz-Alcaraz, F. Méndez Sánchez y J. Hernández Montoya (en prensa). *La restauración ambiental exitosa de las islas de México: una reflexión sobre los avances a la fecha y los retos por venir*, en E. Ceccony C. Martínez-Garza (eds.), *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. México: CRIM-UNAM y CONABIO.

Alcalá, García, Ramírez, Meulenert y García (2005). *Sequía de medio verano (canícula) durante la presencia de "El Niño/Oscilación del Sur" (ENOS) en el estado de Jalisco*. Presentado en el XI Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, Cancún, Quintana Roo, México.

Banco Mundial (2018). World Bank Open Data. https: //data.worldbank.org/

BANXICO (2018a). Sistema de Información Económica. México: Banco de México. http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE80&locale=es

_____ (2018b). http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/anual/%7B998FE539-09B9-5BDE-A512-5D4BCB5E967B%7D.pdf

CEFP (2015). *Impuestos Ambientales en México y el Mundo*. México: Centro de Estudios de Finanzas Públicas. http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2015/enero/notace

CENAPRED (2015). *Impacto de los desastres en México y afectaciones a la infraestructura pública*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CEPAL y CONUEE (2018). *Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México 2018*. Ciudad de México: Naciones Unidas.

CONABIO (2007). *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C.

_____ (2008). *Capital Natural de México*, volumen I. CONABIO, México. 620 pp.

_____ (2009). *Cuarto informe nacional de México al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB).* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

_____ (2018). *Ecosistemas* | Biodiversidad Mexicana. http: //www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/mapas/mapa.html

CONAFOR (2018). Reporte Semanal de Resultados de Incendios Forestales 2018. Del 01 de enero al 20 de septiembre de 2018. Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales. Centro Nacional de control de Incendios Forestales. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/392529/Reporte_del_01_de_enero_al_20_de_septiembre_de_2018.pdf

CONAGUA (2017). *Estadísticas del agua en México.* Edición 2017. México: Comisión Nacional del Agua.

_____ (2017a). *Sistema Nacional de Información del Agua*. http: //sina.conagua.gob.mx/sina/index.php

_____ (2017b). *Monitor de Sequía de México al 30 de junio de 2017.* México: Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua.

_____ (2017c). ¿Qué es el agua renovable? https: //www.gob.mx/conagua/articulos/que-es-el-agua-renovable

CONANP (2010). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, semarnat.

_____ (2016). Los Sitios Ramsar de México. http: //www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sitios-ramsar

_____ (2018). Áreas naturales protegidas decretadas. http: //sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm

CONAPO (2016). Infografía Población Indígena. México: Consejo Nacional de Población. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121653/Infografia_INDI_FINAL_08082016.pdf

_____ (2017) La situación demográfica de México 2016. México: Consejo Nacional de Población.

_____ (2017a). Proyecciones de Población de México 2010-2050. En www.conapo.gob.mx (10 de enero de 2017).

_____ (2018). Proyecciones de la población de México. México: Consejo Nacional de Población. https: //datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico

CONEVAL (2016). *La carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda: evolución 2010-2016 y apuntes sobre el acceso al agua en el medio rural.* México: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https: //coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_16/Notas_Pobreza_2016/Documento_servicios_basicos_2010-2016.pdf#search=servicios%20b%C3%A1sicos

_____ (2018). Pobreza 2016. México: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https: //www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2016.aspx

Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P. y Ledec, G. (eds.) (1995). *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The World Bank

DOF (*Diario Oficial de la Federación*) (2012). Ley General de Cambio Climático. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última reforma 13 de julio de 2018. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/lgcc_190118.pdf

_____ (2014). *Programa especial de cambio climático 2014-2018.* Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 28 de abril de 2014. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014

_____ (2015). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, México: *Diario Oficial de la Federación*. https: //www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/27266/Ley_General_de_Residuos.pdf

FAO (2018). "México en una mirada". http://www.fao.org/mexico/fao-en-mexico/mexico-en-una-mirada/es/

Gobierno de la República (2013). *Reforma energética*. México: Gobierno de la República. http: //reformas.gob.mx/wp-content/uploads/2014/04/Explicacion_ampliada_de_la_Reforma_Energetica1.pdf

Gobierno de la República, (2013a). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. http://pnd.gob.mx/

_____ (2015a). *Compromisos de Mitigación y Adaptación Ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030.* México: Gobierno de la República.

_____ (2017a). *5to informe de gobierno. 2016-2017. Anexo estadístico*. México: Gobierno de la República.

_____ (2017b). *5to Informe de gobierno. 2016-2017. Resumen ejecutivo.* México: Gobierno de la República.

_____ (2017c). *5to Informe de gobierno. 2016-2017.* México: Gobierno de la República.

IEA (2017). *Energy Policies Beyond IEA Countries*. Mexico. París: International Energy Agency.

INECC (2014). *Análisis de la flota vehicular en circulación*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

_____ (2015) *Programa de Trabajo 2015-2018 de la Coordinación de Evaluación*. https://www.gob.mx/inecc/documentos/programa-de-trabajo-2015-2018-de-la-coordinacion-de-evaluacion

_____ (2015a). *Reglamento Interno de la Coordinación de Evaluación*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/218708/Reglamento_Interior_de_la_Coordinacion_de_Evaluacion.pdf

_____ (2016) *Lineamientos y Criterios Específicos para la Evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático*. Coordinación de Evaluación.

_____ (2016a). *Código de Ética de la Coordinación de Evaluación.* https://www.gob.mx/inecc/documentos/codigo-de-etica-de-la-coordinacion-de-evaluacion

_____ (2017). *Evaluación Estratégica del Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación en materia de Cambio Climático.*

_____ (2017b). *Evaluación Estratégica del Programa especial de cambio climático 2014-2018*.

_____ (2018). *Narrativa de la Teoría del Cambio de la Política Nacional de Cambio Climático.*

_____ (2018a). *Documento de enfoque para la caracterización de los elementos centrales para la evaluación de la Política Nacional de Cambio Climático en México.*

INECC-PNUD (2016). Evaluación del cambio climático sobre las islas de México y su área de influencia. Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. México: Programa de las Naciones Unidas. Alfonso Aguirre Muñoz.

_____ (2017). Documentación y análisis de la degradación y los impactos del cambio climático en los desiertos (zonas áridas y semiáridas) de México. Proyecto 86487 Plataforma de colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Paulina Alejandra Pontifes Cortés. México: PNUD/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

_____ (2017a). Consultoría para desarrollar un sistema de indicadores que oriente la evaluación de la política nacional de cambio climático, Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Global CAD. México, PNUD/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC y SEMARNAT (2015). México: Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

_____ (2018). México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuesto de Efecto Invernadero 1990-2015.

INEE (2018). La educación obligatoria en México. Informe 2018. México, Instituto Nacional para la Evaluación de la educación. www.inee.edu.mx/portalweb/informe2018/

INEGI (1994). *Estadísticas Históricas de México*. México.

_____ (2011). Censo de Población y Vivienda 2010. México.

_____ (2015). Mujeres y hombres en México. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

_____ (2015b). *Encuesta intercensal 2015.* México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

_____ (2015c). Sistema de Consulta de Estadísticas Ambientales. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http: //mapserver.inegi.org.mx/ambiental/map/indexV3FF.html

_____ (2015d). México en cifras. http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/#tabMCcollapse-Indicadores

_____ (2016). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2016.* México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

_____ (2017). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2017.* México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

_____ (2017b). Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http://www.beta.inegi.org.mx/temas/agricultura/

_____ (2018a). Mapa digital de México en línea. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http//gaia.inegi.org.mx

_____ (2018b). Banco de Información Económica (BIE). México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http: //www.inegi.org.mx/sistemas/bie/

_____ (2018c). Económicas y Ecológicas. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http: //www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/

IPCC (2013). *Fifth Assessment Report - Climate Change 2013.* Génova: Intergovernmental Panel on Climate Change. https: //www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda (2008). *Estado del conocimiento de la biota,* en: Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: CONABIO, pp. 283-322.

Magaña, V., Pérez, J., Vázquez, J., Carrisoza, E., y Pérez, J. (1999). El Niño y el Clima. En *Los Impactos de El Niño en México*. México: UNAM.

Montaño N. M., Ayala F, Bullock S.H., Briones O., García-Oliva F., García-Sánchez R., Maya Y., Perroni Y., Siebe C., Tapia-Torres Y. (2016). *Almacenes y Flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: Síntesis y perspectivas*. Revista Terra Latinoamericana. 34:39-59

OCDE (2012). *Getting it right: Una agenda estratégica para las reformas en México*. París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

_____ (2017). *Mexico 2017 OECD Economic Survey reforms are paying off*. París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

_____ (2017a). ¿Cómo se sitúa México? Employment Outlook 2018 https://www.oecd.org/mexico/Employment-Outlook- Mexico-ES.pdf

_____ (2018). Health at a Glance 2017: OECD Indcators. http://www.oecd.org/health/health-systems/health-at-a-glance-19991312.htm

Olson D. M. y E: Dinerstein (2002). *The Global 200: Priority ecoregions for global conservation*. Annals of the Missouri Botanical Garden. 199-224. DOI: 10.2307/3298564

ONU (2017). *«Total Population - Both Sexes». World Population Prospects, the 2017 Revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section*. Nueva York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

PINCC (2015). *Reporte mexicano de cambio climático. Grupo II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación*. México: Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

Pisanty, I., Urquiza-Haas, E., Vargas-Mena, A., y Amezcua (2016). Instrumentos de conservación in situ en México: logros y retos. En *Capital natural de México, vol. iv: Capacidades humanas e institucionales* (pp. 245-302). México: CONABIO.

PNUD (2014) Índice de desarrollo humano municipal en México. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/library/poverty/idh-municipal-en-mexico--nueva-metodologia.html

_____ (2015). Índice de Desarrollo Humano para las entidades federativas, México 2015. Avance continuo, diferencias persistentes. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

_____ 2017). *Human Development Index Reports*. Nueva York: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. http: //hdr.undp.org/en/composite/HDI

Rzesdowsky, Jerzy (2006), *Vegetación de México.* 1era edición digital. México: CONABIO.

SAGARPA (2013). *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018.* México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

_____ (2018). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.* http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp

SCT (2018). Puertos de México. http: //sct.gob.mx/puertos-y-marina/puertos-de-mexico/

SECTUR (2017). *5to Informe de Labores. 2016-2017.* México: Secretaría de Turismo.

SEMARNAT (2012a). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012.* México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http: //app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf

_____ (2013), Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40 Primera edición, semarnat, México

_____ (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde, Edición 2015.* México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/inecc/documentos/informe-de-la-situacion-del-medio-ambiente-en-mexico-compendio-de-estadisticas-ambientales-indicadores-clave-de-desempeno-ambiental-y-de-crecimiento-verde-edicion-2015

_____ (2018). Fortalecimiento de capacidades subnacionales y sus aportaciones a la CND 2017-2018, Versión preliminar, septiembre.

_____ (2018a). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. http: //www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales

_____ (2018b). Principales cambios en la Ley General de Cambio Climático. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/principales-cambios-en-la-ley-general-de-cambio-climatico?idiom=es

SENER (2017a). Prospectivas del Sector Energético. http: //www.gob.mx/sener/documentos/prospectivas-del-sector-energetico

_____ (2017b). *Balance nacional de energía 2016.* México: Secretaría de Energía. https: //www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/284340/Balance_Nacional_de_Energ_a_2016.pdf

_____ (2018). Sistema de Información Energética. México: Secretaría de Energía. http: //sie.energia.gob.mx/

SENER y CONUEE (2014). *Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios.* México: Secretaría de Energía, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

SHCP (2018). *Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas.* México: Secretaría de Hacienda y Crédito Público. http: //www.shcp.gob.mx/Politicafinanciera/Finanzaspublicas/Estadisticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Paginas/unica2.aspx

Small, R. J., De SZoeke, S.P. y Xie S. P. (2007). The Central American Midsummer Drought: Regional Aspects and Large-Scale Forcing. J. Clim. 20 (19):4853-4873. DOI: 10.1175/JCLI4261.1. http://iprc.soest.hawaii.edu/users/xie/small-msd07.pdf

SS (2015). *Boletín de información estadística 2014-2015.* México: Secretaría de Salud.

2

Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero

2.1 Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015

Introducción

Como signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), México da a conocer la actualización de su Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2015.[1]

El inventario comprende la medición de las emisiones por fuentes y sumideros para los cuatro sectores de emisión definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés); [1] Energía; [2] Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés). [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), y [4] Residuos. Informa sobre los seis gases de efecto invernadero (GEI) incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbono (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). En adición, México presenta las emisiones de carbono negro, un forzante climático de vida corta para el cual el país ha establecido compromisos de reducción de emisiones.

Las emisiones de los GEI se contabilizan en unidades de CO_2 equivalente (CO_2e),[2] las cuales se obtienen al multiplicar la cantidad de emisiones de un GEI por su valor de potencial de calentamiento glo-

[1] En cumplimiento del Artículo 12 de la Convención, que estipula: **"Artículo 12. Transmisión de información relacionada con la aplicación.** 1. De conformidad con el párrafo 1 del artículo 4, cada una de las Partes transmitirá a la Conferencia de las Partes, por conducto de la secretaría, los siguientes elementos de información: a) Un inventario nacional, en la medida que lo permitan sus posibilidades, de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que promoverá y aprobará la Conferencia de las Partes…" Y en cumplimiento de lo dispuesto en el **Capítulo V. Inventario**, de la Ley General de Cambio Climático, cuyo **Artículo 74** dice: "El Inventario deberá ser elaborado por el INECC, de acuerdo con los lineamientos y metodologías establecidos por la Convención, la Conferencia de las Partes y el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático."

[2] Para mayor información ver el **Anexo A**.

bal (PCG),[3] con la finalidad de comparar entre sí y medir la contribución de cada fuente con el total de emisiones del inventario nacional. En el INEGYCEI 1990-2015 se reportan con el PCG a 100 años contenidos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

La presente actualización del INEGYCEI se cuantificó utilizando las *Directrices del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático* en su edición 2006,[4] a fin de cumplir con los estándares internacionales más actualizados y con los lineamientos de la Ley General de Cambio Climático. En esta actualización se incorporan factores de emisión obtenidos en estudios acordes con las condiciones de México, así como mejores datos de actividad que reflejan el comportamiento de los sectores económicos del país.

El inventario del primer *Informe Bienal de Actualización* (IBA1),[5] (INECC y SEMARNAT, 2015) fue sometido a un proceso de consulta y análisis internacional (ICA por sus siglas en inglés) de conformidad con la decisión de la Convención 2/CP.17 párrafo 58 (a). El proceso de ICA consistió en dos pasos: el análisis técnico del IBA presentado, seguido de un taller para el intercambio facilitador de puntos de vista bajo el Órgano Subsidiario de Implementación de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Producto de esta revisión es un informe que presenta los resultados del análisis del primer IBA de México realizado por un equipo de expertos técnicos, de conformidad con las modalidades y procedimientos que figuran en el anexo a la decisión 20/CP.19.[6]

Con base en esas recomendaciones, el país ha incluido las mejoras que se muestran en la **Tabla 2.1**.

En este capítulo se incluyen los antecedentes del inventario, los arreglos institucionales y el marco normativo para la elaboración del INEGYCEI, los resultados de las emisiones en el periodo 1990 a 2015 y los principales aspectos de la metodología aplicada (incluyendo los niveles –TIER– que fueron usados para el cálculo de las emisiones, las fuentes clave y un panorama general del cálculo de las incertidumbres). También se presentan los resultados de las tendencias de las emisiones en el periodo 1990-2015 por sector y tipo de gas: dióxido de car-

[3] El potencial de calentamiento utilizado fue el establecido por el Quinto Informe del IPCC (IPCC, 2013).

[4] http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/

[5] En las referencias es frecuente que se mencione al IBA como BUR por *Biennial Update Report*.

[6] https://unfccc.int/resource/docs/2016/tasr/mex.pdf

Tabla 2.1. Mejoras de la actualización del INEGYCEI con respecto al último inventario presentado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

Tema	INEGYCEI 1er IBA	INEGYCEI 1990-2015
Metodología	Uso de diferentes directrices Energía IPCC, 1996 Industria IPCC, 1996 Agricultura IPCC, 1996 USCUSS IPCC, 2000 y 2003 Residuos IPCC, 2006	Se han estimado las emisiones de todos los sectores utilizando las directrices metodológicas del IPCC, 2006.
Serie histórica	En el IBA se presentó una serie histórica 1990-2012 y el dato de 2013, pero el último dato no era comparable. Al respecto, las sugerencias del ICA fueron: Con base en la Decisión 2/CP.17, **anexo III**, párrafo 7: se alienta, a cada país no-**anexo I**, a proporcionar una serie cronológica consistente de acuerdo con los años reportados en las comunicaciones nacionales previas. En el "Reporte de país" del ICA se indica que no se proporcionó una serie temporal coherente para todas las categorías y subcategorías del inventario nacional de GEI.	Se presenta una serie histórica 1990-2015 aplicando la misma metodología, por lo tanto se tiene comparabilidad y consistencia de las emisiones en todo el periodo.

Tabla 2.1. **(Continuación)**

Tema	INEGYCEI 1er IBA	INEGYCEI 1990-2015
Presentación de resultados de acuerdo con la clasificación del IPCC	1) Serie histórica 1990-2012, usando la clasificación del IPCC, 1996. 2) INEGYCEI 2013 bajo la siguiente clasificación: Fuentes móviles Generación de energía eléctrica Petróleo y gas Industria (energía y procesos) Agropecuario Residuos Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura Residencial y comercial	Se uniforma la clasificación de los sectores, categorías, subcategorías y fuentes de acuerdo con las *Directrices del IPCC* 2006 de manera consistente en toda la serie 1990-2015, conforme a la Decisión 2/CP.17 Anexo III, párrafo 6 y 7, y a las recomendaciones incluidas en el "Reporte de país" derivado de la revisión internacional.
Factores de emisión	1) Serie histórica 1990-2012, usando factores de emisión por defecto del CO_2 del IPCC 1996 para la quema de combustibles [1A]. 2) INEGYCEI 2013 considerando factores de emisión del AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos. De acuerdo con el "Reporte de país" propuesto por el ICA, se indica que de las fuentes de los factores de emisión es reportado parcialmente, dado que se explica el uso de factores de emisión propios y factores de emisión por defecto solamente para ciertos sectores.	Se aplicaron de manera consistente los factores de emisión a lo largo de todo el periodo de tiempo. En el caso del CO_2, 47% de las fuentes de emisión se estimaron utilizando factores de emisión propios para el país. Para el resto de los gases se utilizaron los factores de emisión por defecto. Para mayor detalle véase el Anexo B. En el caso del CO_2 proveniente de la quema de combustibles fósiles [1A] para uso energético, los factores de emisión se usaron del proyecto "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternos que se consumen en México" (INECC, 2014), que representan 63% (429,894.04 Gg de CO_2e) de las emisiones totales del inventario. Los factores de emisión para metano y carbono negro por quema de residuos agrícolas se tomaron del estudio desarrollado por el INECC: determinación de factores de emisión de dióxido de carbono, partículas en suspensión de 2.5 y 10 micras ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y contaminantes de vida corta, metano y carbono negro por prácticas de quema agrícola. En los casos de ausencia de factores de emisión propios del país se aplicaron los factores de emisión publicados en las directrices metodológicas del IPCC 2006. Algunos de ellos se seleccionaron en acuerdo con los proveedores de la información. Se resume en el **Anexo B** el tipo de factor de emisión utilizado, de acuerdo con el nivel (TIER en inglés) de la metodología empleada por fuente de emisión y por tipo de gas.
Datos de actividad relevantes	Los datos de actividad en el INEGYCEI 1990-2013. El "Informe de país" de acuerdo con la Decisión 17/CP.8 anexo, párrafo 21, en donde se indica que los países no **Anexo I** proporcionarán la información sobre las metodologías utilizadas en la estimación de las emisiones antropógenas por las fuentes y las absorciones por sumideros de GEI no controladas por el Protocolo de Montreal. Así, el ICA señaló que la información sobre los datos de actividad y los factores de emisión utilizados se incluyó en el IBA; sin embargo, no se proporcionó información sobre el nivel de los métodos utilizados.	Se resume en el Anexo B el tipo de metodología de acuerdo con el nivel (TIER en inglés) de la metodología empleada por fuente de emisión y por tipo de gas. Se identifica que hay datos de actividad mejorados identificados como T1/T2. Se recopiló nueva información acorde con lo requerido en las *Directrices del IPCC* 2006 para la estimación de emisiones para toda la serie histórica. En los casos que se obtuvo sólo información de los últimos años, se utilizó el método de superposición para completar la serie histórica. En talleres y reuniones realizadas para dar a conocer el método de cálculo del inventario con las industrias, se obtuvo información e indicaciones sobre el tratamiento de los mismos en el cálculo de emisiones. Para el caso de los HFC se usó la información recopilada en la encuesta y estimación realizada en el estudio emprendido por la Unidad de Protección al Ozono. Se realizó una encuesta para recopilar información de 2015 de los rellenos sanitarios del país, con la cual se actualizó la información utilizada en el inventario 2013.

Tabla 2.1. (Continuación)

Tema	INEGYCEI 1er IBA	INEGYCEI 1990-2015
Análisis de categorías clave	No se realizó análisis de categorías clave.	Se realizó el análisis de las categorías clave (nivel 1 y 2 de acuerdo con el IPCC). (Véase la sección de fuentes clave de este capítulo.)
Cálculo de las incertidumbres	La Decisión 17/CP.8, anexo, párrafo 24, indica que se alienta a las partes no incluidas en el anexo I a proporcionar información sobre el nivel de incertidumbre asociado con los datos de inventario y sus suposiciones subyacentes, y a describir las metodologías utilizadas, si las hubiere, para estimar estas incertidumbres. El "Informe de país" del ICA indicó que no fue presentado el análisis de incertidumbre.	Se realizó y se presenta el cálculo de incertidumbre para las emisiones de 2015, así como su propagación para la serie histórica 1990-2015, bajo las siguientes consideraciones: Nivel de incertidumbre asociado con los datos del inventario. Supuestos. Metodología usada para la estimación de la incertidumbre.
Socialización de la metodología y de los resultados	El proceso del desarrollo del INEGYCEI se hizo al interior del INECC con los datos oficiales y disponibles por parte de las dependencias.	Se realizaron los siguientes talleres, con la finalidad de recabar comentarios de los principales actores o responsables de los procesos productivos que emiten GEI y carbono negro: Taller de arranque. Sectores de la agenda gris, 1 de abril de 2016. Sectores de la agenda verde, 8 de abril de 2016. Taller de discusión de resultados preliminares del INEGYCEI. Sectores de la agenda gris, 22 de mayo de 2017. Sectores de la agenda verde, 28 de julio de 2017. Se conformaron grupos de trabajo técnicos con: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Petróleos Mexicanos (PEMEX). Se sostuvieron reuniones técnicas de trabajo específicas con las siguientes instituciones: Cámara Nacional del Hierro y el Acero. Cámara Nacional de la Industria del Cemento. Cámara Nacional del Papel. Asociación Nacional de la Industria Química. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas.
Aseguramiento de calidad	No se presentó aseguramiento de calidad en el primer IBA.	En 2018 el INECC está desarrollando el "Sistema de gestión de la calidad correspondiente al inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero" con la finalidad de que integre las mejores prácticas en la materia desde un enfoque de gestión, referidas de manera enunciativa más no limitativa en los siguientes estándares y documentos internacionales. El proyecto está programado para concluir en octubre de 2018. Se someterá a revisión de todos los sectores, por parte de expertos en el tema de inventario y por sector (energía, procesos industriales. AFOLU y residuos).

bono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbono (HFC), perflorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6)s. Asimismo, se presentan las emisiones y un análisis de su comportamiento histórico por los cuatro sectores ya mencionados: [1] Energía, [2] Procesos industriales y uso de productos, [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, y [4] Residuos.

Los resultados totales se analizan tomando en cuenta dos enfoques: 1) emisiones sin considerar las absorciones de la categoría [3B] Tierra, y 2) emisiones netas considerando las absorciones de dicha

categoría. Los detalles de la metodología, del uso de los datos de actividad y los factores de emisión se incluyeron en el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Asimismo, se presentan en este Inventario las emisiones de carbono negro. Desde la *Quinta Comunicación* y después en el primer IBA1 (INECC y SEMARNAT, 2015) México ha continuado con su interés por cuantificar las emisiones de carbono negro, dada su relevancia para el cambio climático y también en razón de los efectos colaterales negativos que tiene el carbono negro tanto para la salud de los habitantes como en los ecosistemas. Las emisiones de carbono negro se presentan en gigagramos (Gg).

Antecedentes del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue firmada por el Gobierno de México el 13 de junio de 1992 y aprobada unánimemente por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el 3 de diciembre del mismo año. Tras la aprobación del Senado, la Convención fue ratificada ante la Organización de las Naciones Unidas el 11 de marzo de 1993. Mediante este acto de ratificación, el Gobierno de México se comprometió a cumplir con los lineamientos establecidos en este instrumento, entre los que se encuentra el de desarrollar y actualizar un inventario nacional de gases de efecto invernadero. Expresamente, en los artículos 4 y 12 de la CMNUCC (1992), se establece que:

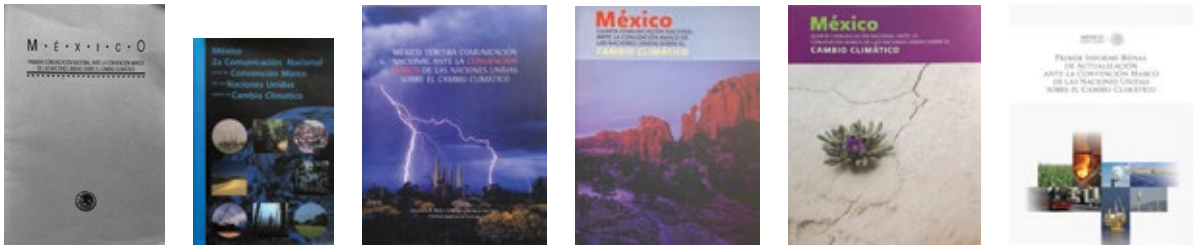
"todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán:

"Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes".

Desde 1997, México ha presentado sus inventarios nacionales en cinco Comunicaciones Nacionales y un IBA (INECC y SEMARNAT, 2015), ante la CMNUCC. En la **Figura 2.1** se ilustran las comunicaciones nacionales y el primer IBA, así como los años en que fueron presentados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En esta trayectoria, los inventarios nacionales han evolucionado en la aplicación de las metodologías del IPCC, así como en los arreglos institucionales para la obtención de datos de actividad y la

Figura 2.1. Comunicaciones Nacionales y primer IBA que México ha presentado a la CMNUCC



1997 2001 2006 2009 2012 2015

Carátulas de las cinco comunicaciones nacionales, 1997-2012, y del primer IBA, 2015.

aplicación de factores de emisión más acordes con las circunstancias nacionales. Así, el cumplimiento de los cinco principios de los inventarios: transparencia, precisión, exhaustividad, consistencia y comparabilidad, se ven reflejados en los inventarios desarrollados. En la **Figura 2.2** y la **Tabla 2.2** se presenta una comparación de la información proporcionada en los diferentes inventarios de México.

Figura 2.2. **Evolución de los inventarios nacionales de México presentados a la CMNUCC, 1997-2018**

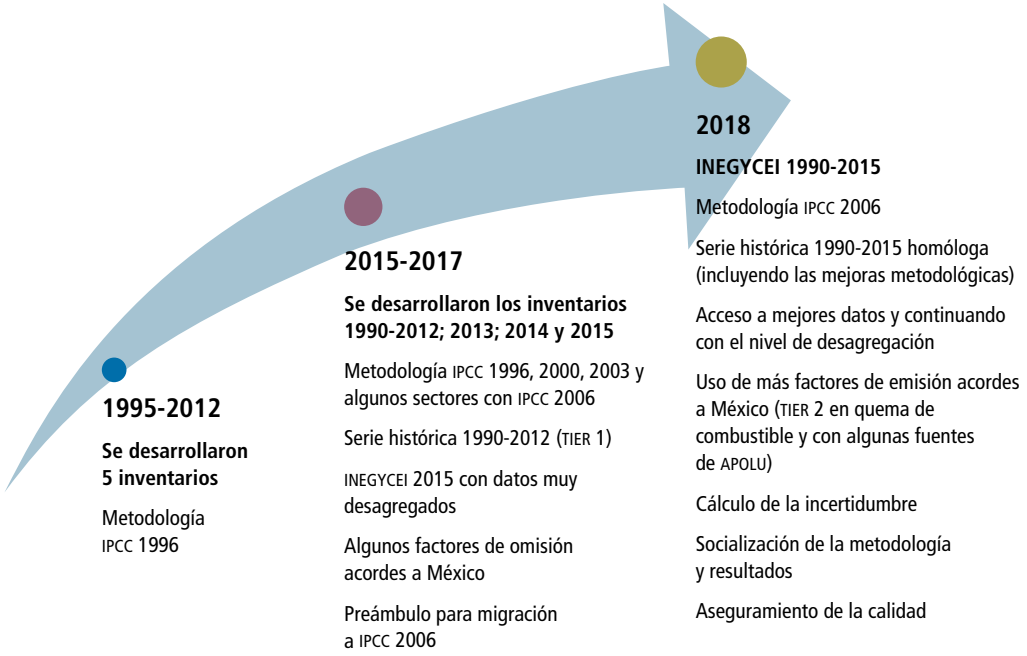


Tabla 2.2. **Comparación de los inventarios nacionales de México presentados ante la CMNUCC, 1997-2015**

Comunicación				
1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Temas e información desarrollados				
• Energía e industria. • Agricultura y cambio de uso de suelo. • Tiraderos de desechos sólidos.	• Energía. • Combustión (fuentes fijas y de área). • Combustión (transporte). • Emisiones fugitivas. • Procesos industriales. • Agricultura. • Cambio en el uso del suelo. • Desechos. • Otros gases. • Escenarios de emisiones futuras (datos históricos de acuerdo al Balance Nacional de Energía 1996).	• Panorama general 2002. • Emisiones de GEI por categoría en 2002. • Tendencia de las emisiones de GEI por tipo de gas. • Información sobre los GEI indirecto. • Método de referencia y sectorial. • Emisiones del transporte internacional aéreo y marítimo. • Fuentes clave. • Nivel de incertidumbre. • Comparación internacional.	• Emisiones de GEI por gas. • Emisiones de GEI por categoría. • Tendencia de las emisiones de GEI por el periodo de 1990 a 2006. • Métodos de referencia y sectorial. • Emisiones del transporte internacional aéreo y marítimo. • Comparación internacional.	• Arreglos institucionales. • Proceso de preparación del inventario y aspectos metodológicos. • Panorama general. • Emisiones de GEI por gas. • Emisiones de GEI por categoría. • Tendencia de las emisiones de GEI para el periodo 1990 a 2010. • Cálculo de emisiones de carbono negro para 1990-2010. • Indicadores relevantes de las emisiones de GEI. • Comparación internacional.

Arreglos institucionales

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) de México se publicó en 2012 y colocó a México como el segundo país[7] en establecer un mandato de ley para los temas de cambio climático. En la LGCC se regula la elaboración del INEGYCEI y se define como "un documento que contiene la estimación de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros". Asimismo, se establecen las bases para el desarrollo y actualización del inventario.

Así, en el artículo 7, párrafo XIV, de la LGCC, se indica que es atribución de la Federación: "Formular y adoptar metodologías y criterios, expedir las disposiciones jurídicas que se requieran para la elaboración, actualización y publicación del inventario y en su caso los inventarios estatales; así como requerir la información necesaria para su integración a los responsables".

La integración del INEGYCEI es responsabilidad del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, de acuerdo con el artículo 74 de la misma ley (DOF, 2012), con la siguiente temporalidad:

I. La estimación de las emisiones de la quema de combustibles fósiles se realizará anualmente;
II. La estimación de las emisiones distintas de las de la quema de combustibles fósiles, con excepción de las relativas al cambio de uso de suelo, se realizará cada dos años, y
III. La estimación del total de las emisiones por las fuentes y las absorciones por los sumideros de todas las categorías incluidas en el Inventario, se realizará cada cuatro años.

De esta forma, para integrar el INEGYCEI, el INECC solicita la colaboración interinstitucional con dependencias de la Administración Pública Federal, centros de investigación y organismos del sector privado que le proporcionan información actualizada y pertinente para la aplicación de las directrices metodológicas del IPCC. El INEGYCEI forma parte del Sistema de Información sobre el Cambio Climático y es, desde 2014, información de interés nacional, oficial y de uso obligatorio para la Federación, los estados y municipios, como lo indica la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Para la presente actualización, el INECC promovió la creación de grupos de trabajo sectoriales, con la finalidad de identificar la mejor información posible y los supuestos y detalles técnicos para cuantificar las emisiones mediante los métodos descritos en las *Directrices del IPCC*. En la **Tabla 2.3** se enlistan las instituciones que colaboraron en este proceso.

La **Figura 2.3** muestra los arreglos institucionales para el desarrollo del INEGYCEI. Partiendo del artículo 22, fracción VIII, de la Ley General de Cambio Climático, en la que se instruye al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático el desarrollo del INEGYCEI, el recuadro punteado enmarca las áreas encargadas del procesamiento y desarrollo del INEGYCEI al interior del INECC, a través de la Coordinación General de Mitigación del Cambio Climático. La supervisión y coordinación del desarrollo y actualización del INEGYCEI está a cargo de la Dirección de Inventarios y Prospectivas de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, que cuenta con dos subdirecciones de área: una encargada de las estimaciones de los sectores grises [1] Energía, [2] IPPU y [4] Residuos, y la otra del sector de la agenda verde (categorías de AFOLU: [3A] Ganado, [3B] Tierra y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra).

Para el sector Residuos se realiza una colaboración de otra área del INECC, la Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, y en el caso de la categoría [3B] Tierra, se trabaja de manera coordinada entre el INECC, la CONAFOR y el INEGI para el procesamiento digital de las series de uso del suelo y vegetación y estimación de superficies de cambio y áreas de permanencia. Para esta actualización se realizó el cálculo de incertidumbre de los datos de actividad a través de una evaluación de

[7] Reino Unido fue el primer país en promulgar una ley de cambio climático en 2008.

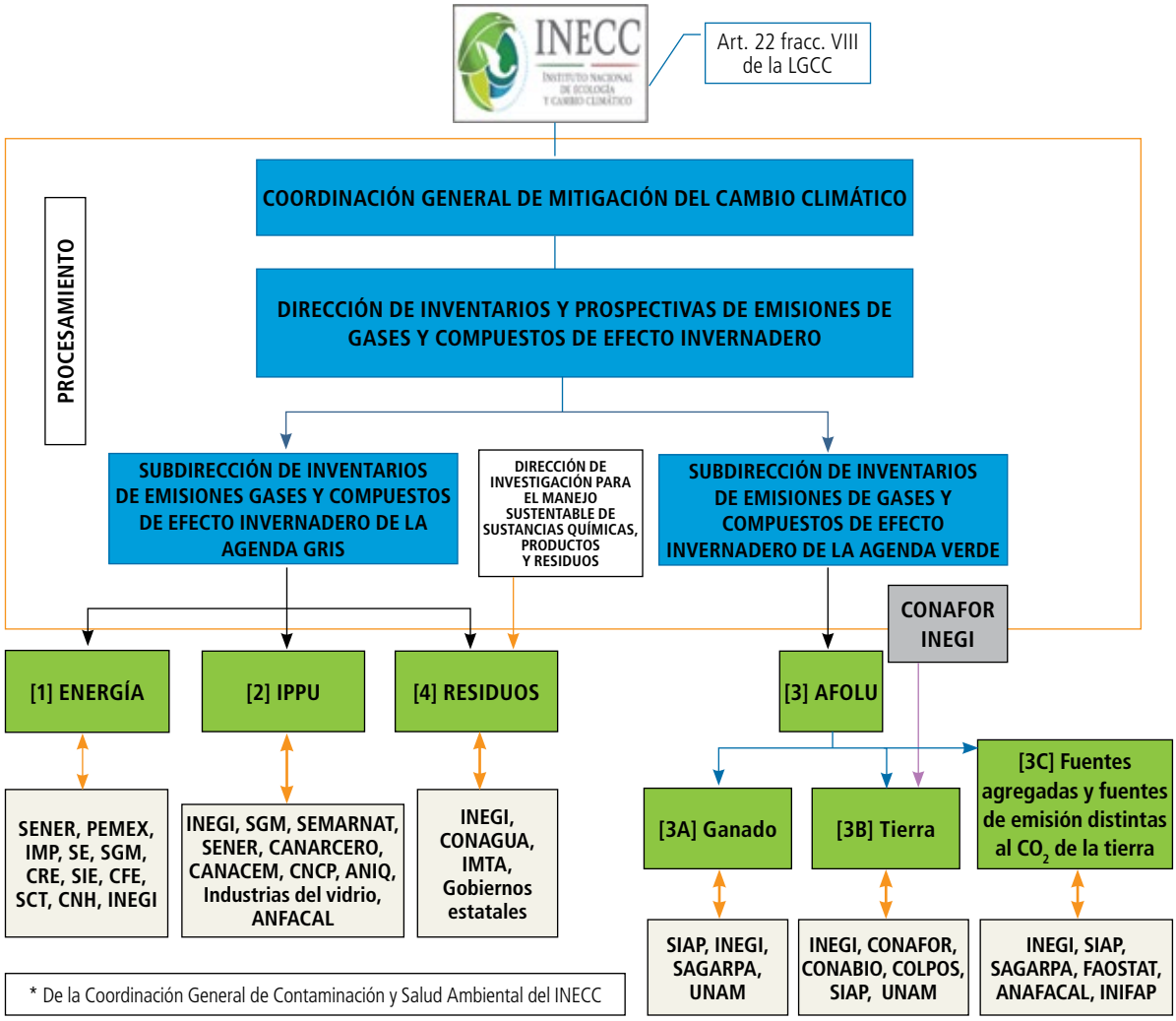
exactitud temática, donde el INEGI participó de manera activa en la validación de puntos de muestreo y donde las tres instituciones dispusieron de recursos para la realización de estas actividades.

El procesamiento del INEGYCEI se desarrolla con los datos de actividad y en algunos casos parámetros y juicios de expertos de las instituciones que se muestran en la **Figura 2.3** y en la **Tabla 2.3**.

Tabla 2.3. Instituciones proveedoras de información y datos de actividad para el INEGYCEI

Instituciones de gobierno	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental Delegaciones estatales Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Secretaría de Energía (SENER) Secretaría de Economía (SE) Servicio Geológico Mexicano (SGM) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado (SINIIGA) Fidecomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) Gobiernos estatales
Instituciones de investigación	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Colegio de Postgraduados (COLPOS)
Empresas productivas del Estado	Petróleos Mexicanos (PEMEX) Comisión Federal de Electricidad (CFE)
Organismos autónomos	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Cámaras y asociaciones	Cámara Nacional del Hierro y el Acero (CANACERO) Cámara Nacional de la Industria del Cemento (CANACEM) Cámara Nacional de la Celulosa y el Papel (CNCP) Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) Industrias del vidrio Asociación Nacional de la Industria Calera (ANFACAL) Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG) Asociación Nacional Ganadera (ANGADI)

Figura 2.3. **Arreglos institucionales para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en México**



Emisiones de gases de efecto invernadero en 2015

Panorama general de las emisiones de gases de efecto invernadero 2015

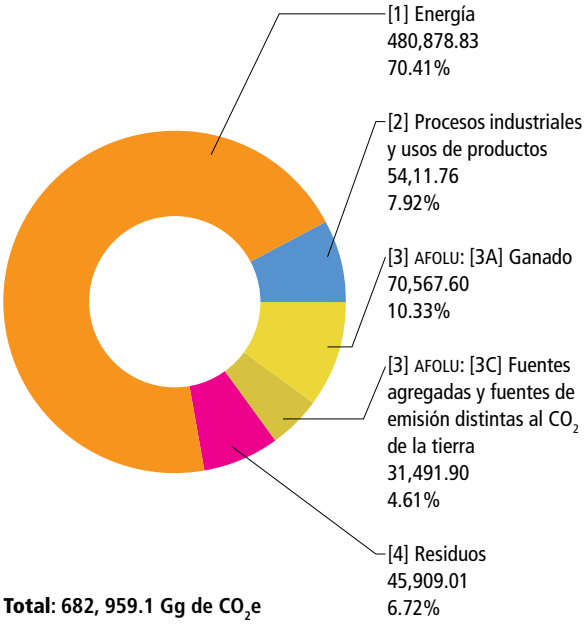
Las emisiones, sin considerar las absorciones de la categoría [3B] Tierra, se contabilizaron en 682,959.1 Gg de CO_2e [±7.68%]. Las emisiones netas, que incluyen las emisiones y las absorciones, de GEI para 2015 se contabilizaron en 534,613.03 Gg de CO_2e [±1.19%]. En la **Tabla 2.4** se muestran las emisiones y la incertidumbre[8] asociada para cada uno de los sectores [1] Energía, [2] IPPU, [3] AFOLU –desagregado en las categorías que lo conforman: [3A] Ganado,

[8] En lo sucesivo, se muestra la incertidumbre asociada a las estimaciones entre corchetes. Para mayor información de la metodología, favor de consultar el Informe Nacional del Inventario (NIR por sus siglas en ingles). (INECC y SEMARNAT, 2018.)

Tabla 2.4. **Emisiones de GEI por sector, 2015**

Sector	Emisiones (Gg de CO_2e)	Incertidumbre [±] %
[1] Energía	480,878.83	2.26
[2] IPPU	54,111.76	13.32
[3] AFOLU		
[3A] Ganado	70,567.60	4.78
[3B] Tierra	-148,346.07	19.46
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	31,491.906	63.19
[4] Residuos	45,909.010	101.48

Figura 2.4. **Emisiones y contribución de gases de efecto invernadero por sector, 2015 (Sin categoría [3B] Tierra)**



[3B] Tierra y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra–, y [4] Residuos.

El sector [1] Energía aportó el 70% de las emisiones; el sector [2] IPPU, 8%; las categorías de AFOLU [3A] Ganado y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra aportaron 10% y 5%, respectivamente, y por último, [4] Residuos aportó 7 por ciento. En la **Figura 2.4** se representa la contribución de las emisiones.

La contribución a las emisiones por cada gas, en 2015, de los seis gases según el Anexo A del Protocolo de Kioto, es como sigue: dióxido de carbono, 494,076.83 Gg [±8.95%]; metano, 135,022.08 Gg de CO_2e [±4.98%]; óxido nitroso, 41,048.19 Gg de CO_2e [±123.54%]; familia de los hidrofluorocarbonos, 12,616.74 Gg de CO_2e [±22.07%], y hexafluoruro de azufre, 195.25 Gg de CO_2e [±3.89%].

No se cuantifican emisiones de perfluorocarbonos[9] en 2015, ya que a partir de 2004 se dejó de producir aluminio primario en México y los PFC no se consumen como sustitutos de SAO. En la **Tabla 2.5** se presentan los valores de las emisiones y sus incertidumbres por tipo de gas.

Tabla 2.5. **Emisiones de GEI, 2015**

Tipo de gas	Emisiones (Gg de CO_2e)	Incertidumbre [±]%
CO_2	494,076.83	8.95
CH_4	135,022.08	4.98
N_2O	41,048.19	123.54
HFC	12,616.74	22.07
PFC	0.00	
SF_6	195.25	3.89
CO_2 (absorciones)	-148,346.07	19.46

[9] Las emisiones de PFC son generadas en la producción de aluminio primario como tetrafluorometano (CF_4) y perfluoroetano (C_2F_6) y también pueden utilizarse como sustitutos de las SAO en aplicaciones especializadas.

En la **Figura 2.5** se muestra la contribución de las emisiones en 2015 por tipo de gas (sin considerar las absorciones de [3B] Tierra). El CO_2 es el gas con la mayor contribución del total de las emisiones, con 71.3%, seguido del CH_4, con 20.8%, y N_2O, con 6 por ciento. Estos tres gases representan 98.1% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero; el 1.9% restante se atribuye a las emisiones de HFC y SF_6.

En el **Anexo A** se presentan las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero de México, por tipo de gas y fuente de emisión según la clasificación y claves del IPCC 2006.

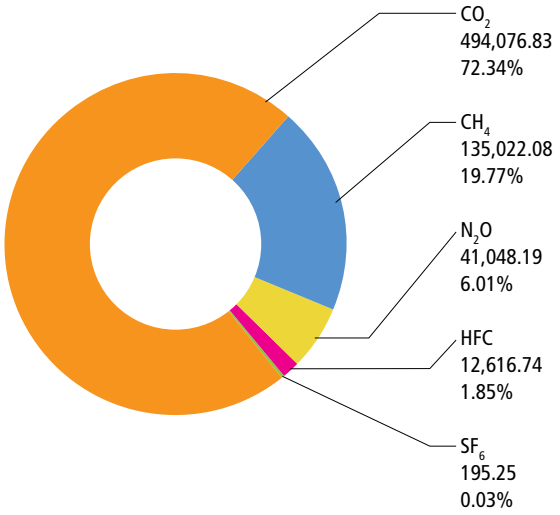
Es importante aclarar que, para el IPCC, la estimación de las emisiones de GEI por actividad se realiza agrupándolas en diferentes sectores, categorías y fuentes a través del Formato Común de Reporte (CRF, por sus siglas en inglés), con la finalidad de mantener un orden y uniformidad con los inventarios de otros países y hacer posible su comparación. En el caso de México, esos criterios no coinciden en todos los casos con las ramas industriales contenidas en el Sistema de Cuentas Nacionales.

Para clarificar la lectura de la clasificación de las fuentes de emisión, se explican a continuación los niveles de las claves del IPCC. Las fuentes de emisión por categorías se codifican utilizando letras y números. El primer nivel de clasificación utiliza números correspondientes a los sectores de un inventario. Para las categorías del sector se usan letras mayúsculas. A la subcategoría se le identifica con números, y el cuarto nivel de clasificación, denominado fuentes de emisión, usa letras en minúsculas. A continuación se resume esta clasificación:

Nivel de codificación	Denominación
3 (número)	Primer nivel: sector
B (letra mayúscula)	Segundo nivel: categoría
1 (número)	Tercer nivel: subcategoría
a (letra minúscula)	Cuarto nivel: fuente
[3B1a]	La clave, entre corchetes, precede al nombre.*

* En este ejemplo, [3B1a] corresponde a "Tierras forestales que permanecen como tales", del sector [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

Figura 2.5. **Emisiones y contribución de gases de efecto invernadero, 2015, por tipo de gas (sin las absorciones de la categoría [3B] Tierra)**



Total: 682, 959.10 Gg de CO_2e

En la **Figura 2.6** se utiliza el diagrama de Sankey[10] para graficar la contribución de cada sector a las emisiones nacionales de GEI en 2015.

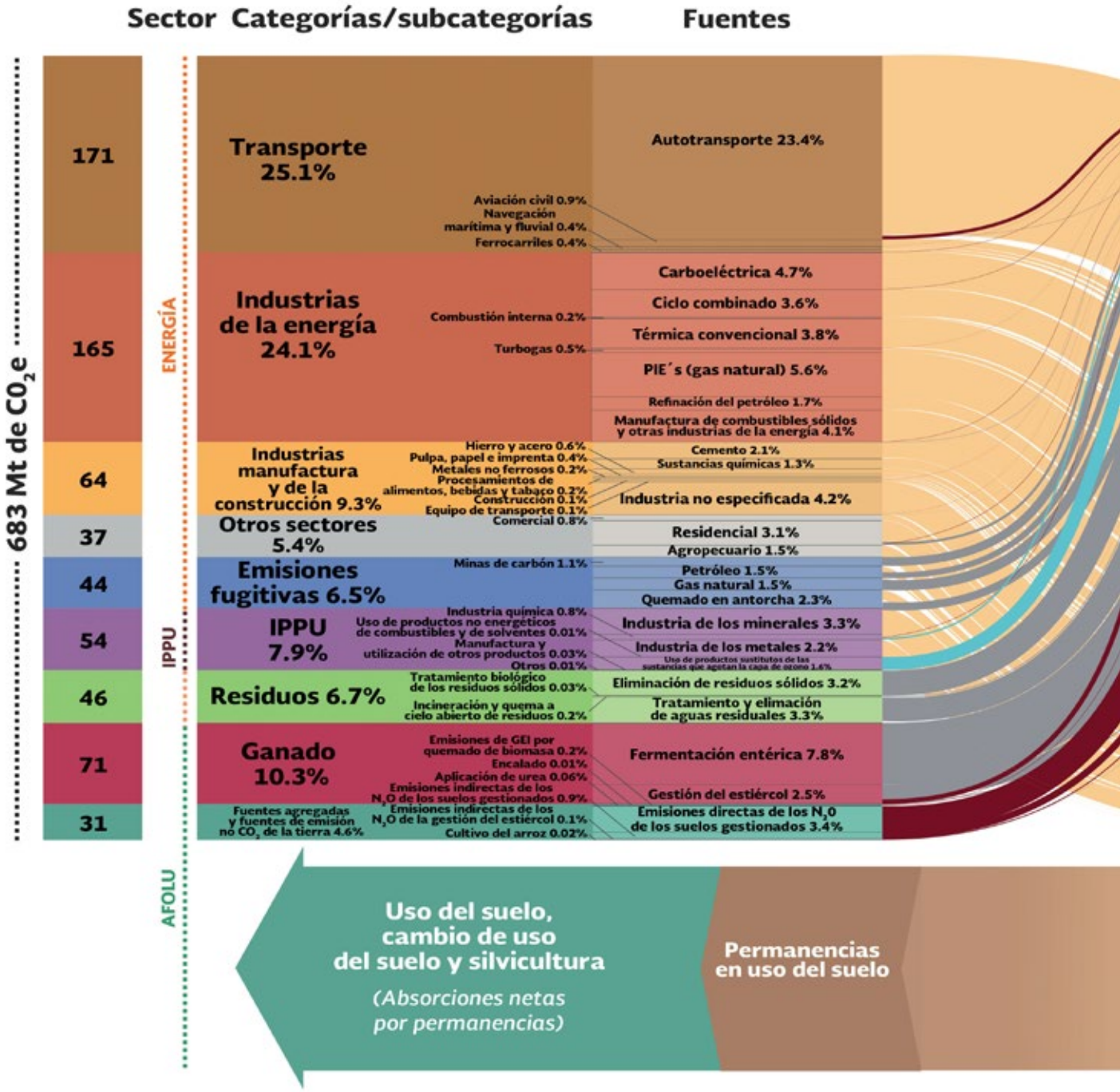
En la **Figura 2.7** se presentan las emisiones netas de 2015 por sector y sus respectivas incertidumbres. De la misma forma, en la **Figura 2.8** se presentan las emisiones totales de 2015 por gas y sus respectivas incertidumbres.

Metodología

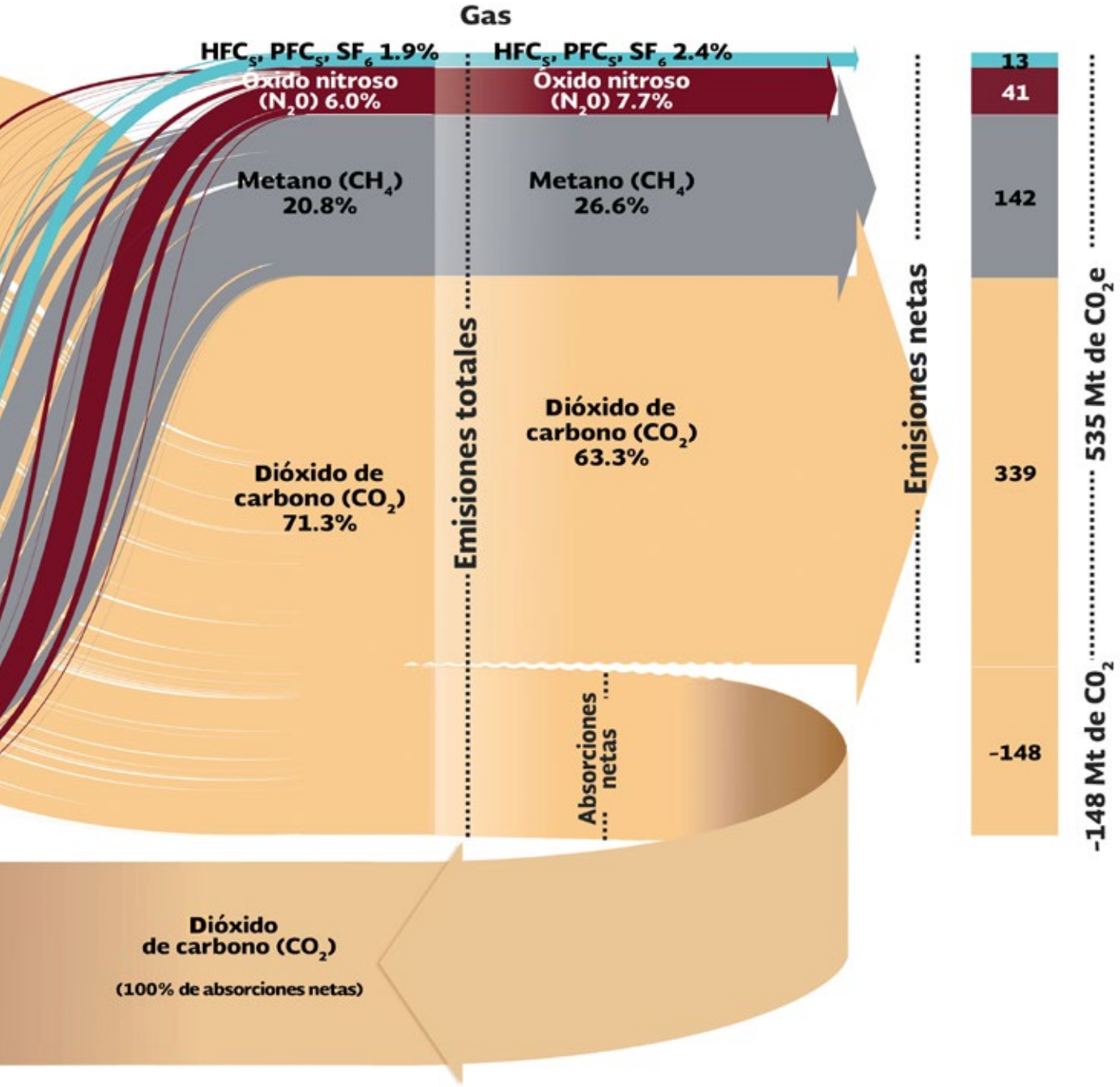
A partir de los árboles de decisión de las *Directrices del IPCC* 2006 para cada fuente de emisión, se identificaron los niveles de detalle en el cálculo de las

[10] El diagrama de Sankey permite visualizar a través del ancho de las flechas el flujo de energía o masa en diferentes procesos. Aplicado a las emisiones de GEI, se refiere al total de la contribución de cada sector/categoría/fuente en CO_2e.

Figura 2.6. **Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 2015**



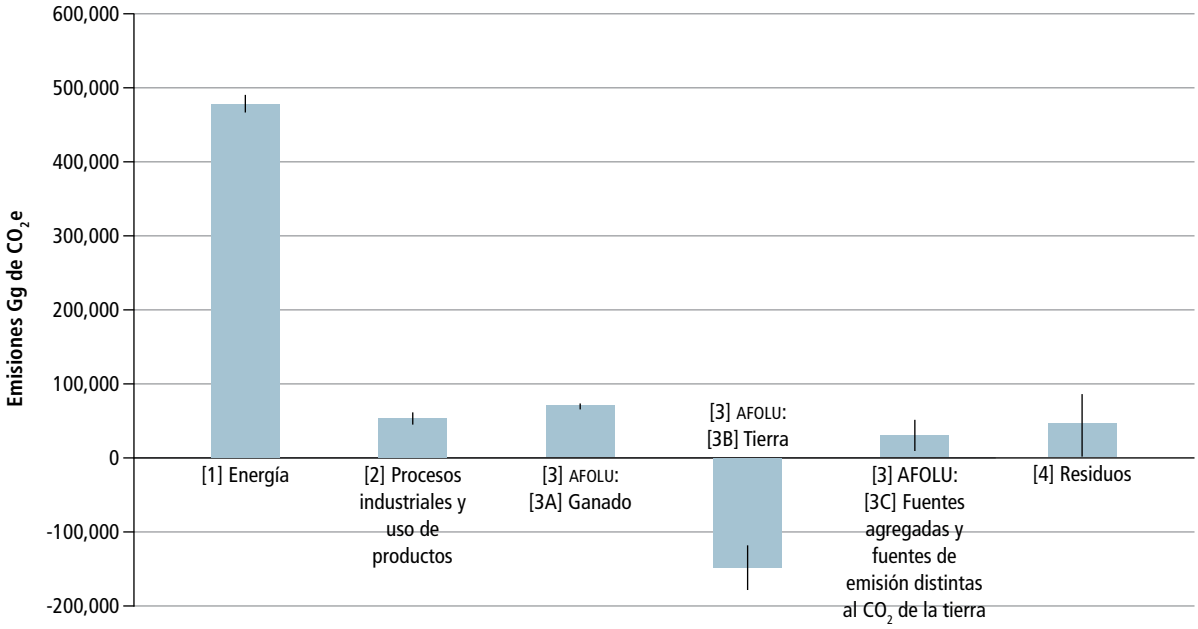
Del lado izquierdo se observan la contribución de las emisiones por sector, seguida por las categorías, las subcategorías y finalmente las emisiones por fuente. Se ilustra con el ancho de cada figura la contribución de las emisiones atribuidas a cada actividad. Del lado derecho se ilustran las emisiones por tipo de gas y su origen por las fuentes; además se observa la contribución de cada uno de ellos. De esta forma, se puede identificar que la mayor contribución a las emisiones proviene del dióxido de carbono, generado prácticamente en todas las actividades económicas. Por el contrario, en el caso del metano, las fuentes principales son la



fermentación entérica, la disposición de residuos y el tratamiento de aguas residuales. La mayor fuente del óxido nitroso en el país es la agricultura. Los gases F se derivan de las actividades del sector de procesos industriales y contribuyen en menor proporción a las emisiones nacionales.

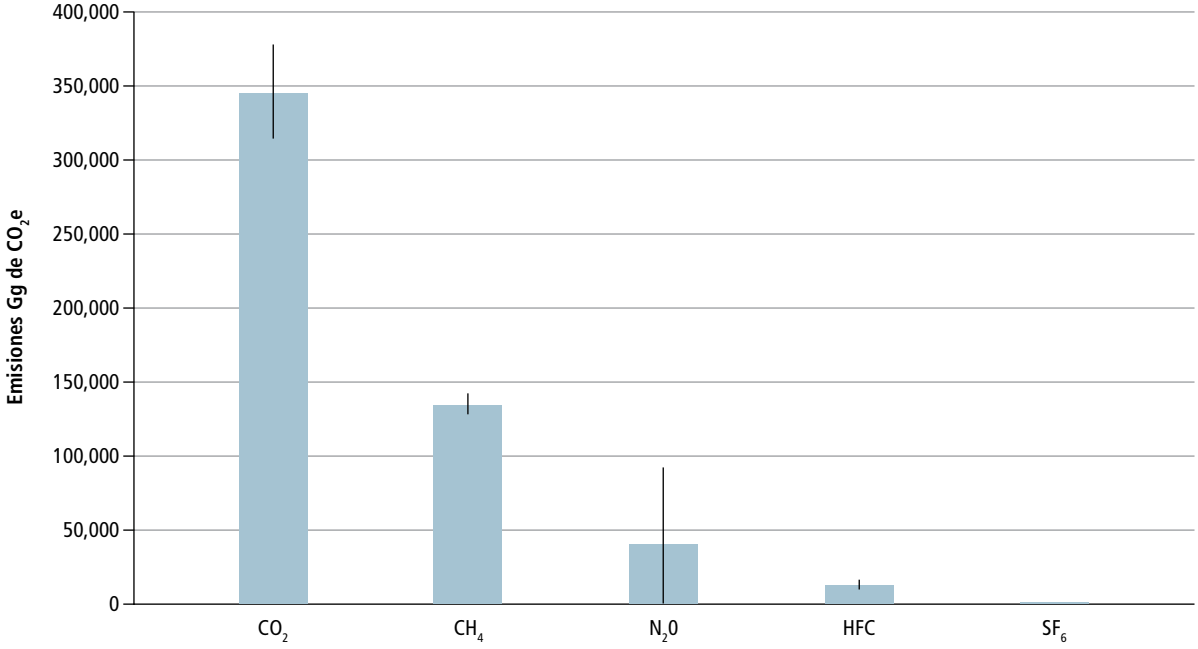
Finalmente, la figura muestra la absorción de CO_2 con una flecha en la parte inferior, con sentido contrario, representando la captación del carbono por las permanencias del uso del suelo y por lo tanto el comportamiento de los bosques y las selvas como sumidero de carbono.

Figura 2.7. **Emisiones netas de gases de efecto invernadero por categoría, 2015**



Fuente: INECC

Figura 2.8. **Emisiones netas de gases de efecto invernadero por tipo de gas, 2015**



Fuente: INECC

emisiones, considerando la especificación matemática de los métodos, la información sobre los factores de emisión u otros parámetros que deben usarse para las estimaciones, y las fuentes de actividad para calcular el nivel general de las emisiones. Los niveles (o TIER, en inglés) están definidos como:

Nivel 1 (T1)
Es la metodología por defecto del IPCC para la estimación de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. El IPCC recomienda que, en la medida de lo posible, no se limite a usar este método. Los supuestos y datos por defecto deberán utilizarse solamente cuando no se disponga de supuestos y datos nacionales.

Nivel 2 (T2)
Es la metodología que utiliza datos específicos del país para el cálculo de las emisiones; es decir, factores de emisión propios para las circunstancias nacionales de las actividades que generan emisiones.

Nivel 3 (T3)
Es la metodología más robusta para la estimación de las emisiones y permite mediciones directas en las fuentes de emisión o el uso de modelos específicos para el país, con datos y parámetros calibrados para las circunstancias del mismo.

En el sector Energía, por el consumo de combustibles fósiles, se utilizaron factores de emisión de CO_2 propios para el país, y se calculó el 100% de las fuentes de emisión del INEGYCEI con T2 para este gas. Las emisiones de CO_2 son las que predominan en este sector y, con menor contribución, CH_4 y N_2O, los cuales se estimaron con un T1; en conjunto representan 63.91% de las emisiones totales del país.

Las emisiones fugitivas, en el sector Energía, se estimaron en su totalidad con un T1 con un peso de 6.50% en el inventario.

En el sector IPPU se estimaron 95.65% de las fuentes con un T1; en el porcentaje restante (4.35%) se usó un T2 que se aplicó a las emisiones de la industria de la pulpa y el papel. La contribución de IPPU en el inventario fue 7.92 por ciento.

La estimación de las emisiones de AFOLU para las fuentes de la ganadería se hizo con un T1 en 69.23% de los casos, y 30.77% con T1/T2. En el rubro de absorciones por tierras, 11.11% de las fuentes se estimaron con T1; 33.33% con T2, y 55.56% de las fuentes se calcularon con T1/T2. Finalmente, 88.89% de las fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra se estimaron con un T1, mientras que la fuente de las emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo para CH_4 se calculó usando un T2. Las emisiones de AFOLU representaron 14.94% del total del inventario.

En Residuos, 75% se estimó con T1, y 25% con T1/T2; el sector Residuos representa 6.7% del total del inventario.

En el **Anexo B** se presentan los niveles con los que se estimaron las emisiones de las fuentes, considerando los árboles de decisión de las *Directrices del IPCC* 2006. Para mayor información de las metodologías empleadas por cada fuente de emisión, véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Los potenciales de calentamiento usados para la estimación de las emisiones se obtuvieron del *Quinto Informe del IPCC* (AR5) (IPCC, 2013).

Fuentes clave

Las *Directrices del IPCC* 2006 llaman categoría principal a aquella que es prioritaria en el sistema de inventarios nacionales y cuya estimación influye significativamente sobre el inventario total de gases de efecto invernadero de un país, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia o la incertidumbre de emisiones y absorciones.

La identificación de categorías principales es importante para priorizar los recursos disponibles al elaborar los inventarios nacionales y concentrar esfuerzos para mejorar las estimaciones de emisiones.

Para la identificación de categorías principales, los resultados se sometieron a cuatro análisis, de acuerdo con las metodologías establecidas en las guías de buenas prácticas del IPCC 2006:

- Método 1 (emisiones 2015)[11]
- Método 1 (tendencias 1990-2015)
- Método 2 (emisiones 2015)[12]
- Método 2 (tendencias 1990-2015)

El análisis de las emisiones 2015 por el Método 1, permite identificar el aporte absoluto de cada fuente al total del inventario nacional en el año; mientras que la aplicación del Método 1 con el análisis de tendencia (1990-2015) permite identificar la influencia de la fuente en el periodo del estudio, es decir, la rapidez del cambio en valor absoluto de la emisión de la fuente: entre mayor sea su valor, mayor será su contribución. La aplicación del Método 2 permite identificar las fuentes clave que realizan el mayor aporte a la incertidumbre general del inventario nacional, por lo que se estiman las emisiones por nivel y tendencia con el fin de priorizar los esfuerzos en la estimación de dichas fuentes y mejorar las estimaciones en general. Para mayor información, consúltese el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

De acuerdo con la evaluación por el Método 1, se identificaron 38 fuentes clave. Las tres principales para CO_2 son el autotransporte (con 17.98%), las absorciones de CO_2 de tierras forestales (con 15.89%) y la generación de energía eléctrica (con 14.32%), que aportan en conjunto el 48.19 %. Les siguen las emisiones de CH_4 generadas por bovinos, con 5.75% adicional (un acumulado de 53.9%). Las emisiones de CO_2 generadas por industria no especificada, clasificada en el balance nacional de energía como otras ramas, contribuyen con 3.28% adicional (acumulado de 57.2%), seguida por la manufactura de combustibles, con 3.17% adicional. El séptimo lugar lo ocupa el N_2O generado por las emisiones directas de los suelos gestionados, con 2.64% adicional. Estas fuentes de emisión representan el 63.02% de las emisiones totales.

En la **Tabla 2.6** se presentan los resultados de las 38 fuentes clave de acuerdo con el Método 1, en emisiones de 2015.

[11] Método 1 de las categorías clave: considerando las emisiones de GEI emitidos y absorbidos

[12] Método 2 de las categorías clave: que incluye el análisis de la incertidumbre

Tabla 2.6. **Fuentes clave de las emisiones de GEI, derivadas del Método 1, 2015**

Código IPCC	Subcategoría o fuente del IPCC	GEI	Emisiones $GgCO_2e$	Cantidad absoluta	Evaluación de nivel	Total acumulativo
[1A3b]	Autotransporte	CO_2	156,754.35	156,754.35	17.98%	17.98%
[3B1a]	Tierras forestales que permanecen como tales	CO_2	-138,504.68	138,504.68	15.89%	33.87%
[1A1a]	Actividad principal producción de electricidad y calor	CO_2	124,850.15	124,850.15	14.32%	48.19%
[3A1a]	Bovinos	CH_4	50,121.38	50,121.38	5.75%	53.94%
[1A2m]	Industria no especificada	CO_2	28,563.88	28,563.88	3.28%	57.21%
[1A1c]	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	CO_2	27,660.88	27,660.88	3.17%	60.39%
[3C4]	Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados	N_2O	22,992.89	22,992.89	2.64%	63.02%
[2A1]	Producción de cemento	CO_2	19,159.98	19,159.98	2.20%	65.22%
[1A4b]	Residencial	CO_2	18,838.28	18,838.28	2.16%	67.38%
[4A1]	Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)	CH_4	17,007.47	17,007.47	1.95%	69.33%
[4D2]	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH_4	16,709.30	16,709.30	1.92%	71.25%

Tabla 2.6. (Continuación)

Código IPCC	Subcategoría o fuente del IPCC	GEI	Emisiones $GgCO_2e$	Cantidad absoluta	Evaluación de nivel	Total acumulativo
[3B3a]	Praderas que permanecen como tales	CO_2	-16,422.92	16,422.92	1.88%	73.13%
[1A2i]	Minería (con excepción de combustible) y cantería	CO_2	14,612.36	14,612.36	1.68%	74.81%
[2C1]	Producción de hierro y acero	CO_2	12,922.69	12,922.69	1.48%	76.29%
[3B2a]	Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO_2	-12,215.61	12,215.61	1.40%	77.69%
[1A1b]	Refinación de petróleo	CO_2	11,796.92	11,796.92	1.35%	79.04%
[3B2b]	Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO_2	11,339.60	11,339.60	1.30%	80.35%
[1A4c]	Agropecuario/silvicultura/pesca/piscifactorías	CO_2	10,360.10	10,360.10	1.19%	81.53%
[1B2b]	Gas natural	CH_4	8,892.59	8,892.59	1.02%	82.55%
[1A2c]	Sustancias químicas	CO_2	8,876.68	8,876.68	1.02%	83.57%
[1B2]	Quemado en petróleo y gas	CO_2	8,774.05	8,774.05	1.01%	84.58%
[3B3b]	Praderas convertidas en praderas	CO_2	8,586.48	8,586.48	0.98%	85.56%
[3A2a]	Bovinos	CH_4	7,970.28	7,970.28	0.91%	86.48%
[1B1ai]	Minas subterráneas	CH_4	7,716.09	7,716.09	0.89%	87.36%
[1B2]	Quemado en petróleo y gas	CH_4	7,054.02	7,054.02	0.81%	88.17%
[2F1]	Refrigeración y aire acondicionado	HFC-410A	6,475.35	6,475.35	0.74%	88.91%
[1A3a]	Aviación civil	CO_2	6,238.15	6,238.15	0.72%	89.63%
[3C5]	Emisiones indirectas de N_2O de los suelos gestionados	N_2O	5,821.98	5,821.98	0.67%	90.30%
[1A4a]	Comercial/ Institucional	CO_2	5,262.21	5,262.21	0.60%	90.90%
[1B2a]	Petróleo	CH_4	5,181.16	5,181.16	0.59%	91.50%
[1B2a]	Petróleo	CO_2	5,162.17	5,162.17	0.59%	92.09%
[3A2h]	Porcinos	CH_4	4,431.18	4,431.18	0.51%	92.60%
[1A2a]	Hierro y acero	CO_2	4,330.93	4,330.93	0.50%	93.09%
[4D1]	Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	CH_4	3,726.20	3,726.20	0.43%	93.52%
[3A2a]	Bovinos	N_2O	3,630.27	3,630.27	0.42%	93.94%
[2F1]	Refrigeración y aire acondicionado	HFC-404a	3,407.89	3,407.89	0.39%	94.33%
[2A2]	Producción de cal	CO_2	3,086.55	3,086.55	0.35%	94.68%
[1A3b]	Autotransporte	N_2O	2,872.01	2,872.01	0.33%	95.01%

Fuente: INECC, 2018.

En la **Figura 2.9** se ilustra el resultado de las 38 fuentes clave que acumulan el 95% de las emisiones 2015 de GEI, de acuerdo con el Método 1.

Emisiones de las siete primeras fuentes: las de CO_2 corresponden a [1] Energía, con la excepción de tierras forestales; las de CH_4 y N_2O corresponden a [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

La evaluación por tendencia con el Método 1 encontró 42 fuentes principales: [3B1a] Tierras forestales que permanecen como tales encabeza la lista por absorciones de CO_2 con 26.59% del total del inventario, seguida por emisiones de CH_4 generadas por bovinos, con una contribución de 8.62 por ciento. De las diez primeras fuentes principales, 45.21% corresponden a [3] AFOLU; 15.29% a [1] Energía, y 3.98% a [4] Residuos.

En la evaluación de nivel con el Método 2 se encontraron 19 fuentes principales. Las tres primeras son: tratamiento de aguas residuales municipales por emisiones de metano, con 24.4%; tierras forestales que permanecen como tales, por absorciones de CO_2, 11.6%, y emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados, 9.63 por ciento. Las primeras fuentes de emisiones son: [3] AFOLU, que alcanza 44.6%; tratamiento de aguas residuales municipales ([4] Residuos), 24.4%; autotransporte ([1] Energía), 3.63%, y producción de cemento ([2] Procesos industriales), 3.27 por ciento.

La evaluación por tendencia con el Método 2 arrojó 17 fuentes principales, de las cuales destacan tres: 1) tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales, con 27.62%; 2) tierras forestales que permanecen como tales, con 14.45%, y 3) emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados, con 12.35 por ciento. Suman 54.42 por ciento. Las fuentes de [3] AFOLU en las diez primeras estimadas representan 50.28 por ciento.

Finalmente, los resultados de las cuatro evaluaciones de nivel y tendencia con los cuatro análisis se presentan en la **Tabla 2.7**.

Figura 2.9. **Fuentes clave de las emisiones 2015 de GEI al 95% acumulado**

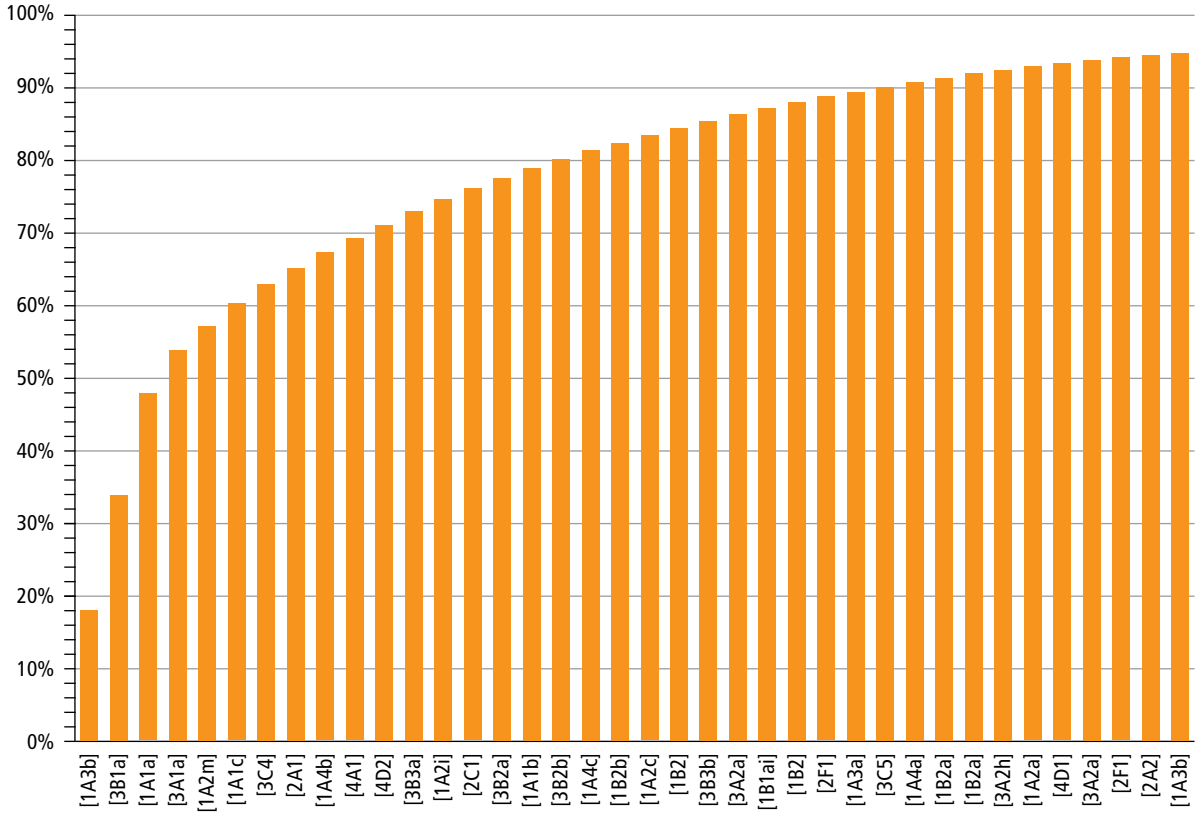


Tabla 2.7. **Fuentes principales del INEGYCEI**

Código IPCC	Subcategoría o fuente	Nivel Método 1	Tendencia Método 1	Nivel Método 2	Tendencia Método 2
[1A1a]	Actividad principal producción de electricidad y calor	✓	✓	✓	
[1A1b]	Refinación de petróleo	✓	✓		
[1A1c]	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	✓	✓		✓
[1A2a]	Hierro y acero	✓	✓		
[1A2b]	Metales no ferrosos		✓		
[1A2c]	Sustancias químicas	✓	✓		✓
[1A2d]	Pulpa, papel e imprenta		✓		
[1A2e]	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco		✓		
[1A2i]	Minería (con excepción de combustible) y cantería	✓	✓	✓	
[1A2m]	Industria no especificada	✓	✓		
[1A3a]	Aviación civil	✓			
[1A3b]	Autotransporte	✓	✓	✓	
[1A4a]	Comercial / Institucional	✓	✓		
[1A4b]	Residencial	✓	✓		✓
[1A4c]	Agropecuario / silvicultura / pesca / piscifactorías	✓			
[1B1ai]	Minas subterráneas	✓	✓	✓	✓
[1B2]	Quemado en petróleo y gas	✓	✓	✓	✓
[1B2a]	Petróleo	✓	✓	✓	✓
[1B2b]	Gas natural	✓	✓	✓	
[2A1]	Producción de cemento	✓		✓	
[2A2]	Producción de cal	✓			
[2B1]	Producción de amoniaco		✓		
[2B8]	Producción petroquímica y negro de humo		✓		
[2C1]	Producción de hierro y acero	✓	✓	✓	
[2F1]	Refrigeración y aire acondicionado	✓	✓	✓	✓
[3A1a]	Bovinos	✓	✓	✓	✓

Tabla 2.7. (Continuación)

Código IPCC	Subcategoría o fuente	Nivel Método 1	Tendencia Método 1	Nivel Método 2	Tendencia Método 2
[3A1d]	Caprinos		✓		
[3A1f]	Caballos		✓		
[3A2h]	Porcinos	✓	✓		
[3B1a]	Tierras forestales que permanecen como tales	✓	✓	✓	✓
[3B2a]	Tierras de cultivo que permanecen como tales	✓	✓	✓	✓
[3B2b]	Tierras convertidas a tierras de cultivo	✓	✓	✓	✓
[3B3a]	Praderas que permanecen como tales	✓	✓	✓	✓
[3B3b]	Praderas convertidas en praderas	✓	✓	✓	✓
[3C4]	Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados	✓	✓	✓	✓
[3C5]	Emisiones indirectas de N_2O de los suelos gestionados	✓	✓	✓	✓
[4A1]	Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)	✓	✓		
[4C2]	Incineración abierta de desechos				✓
[4D1]	Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	✓	✓	✓	✓
[4A3]	Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		✓		
[4D2]	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	✓	✓		

Fuente: IPCC, 2018.

Incertidumbre

La estimación de la incertidumbre constituye un elemento esencial de un inventario de emisiones y absorciones de gases y compuestos de efecto invernadero. Se debe obtener tanto para el ámbito nacional como para la estimación de la tendencia, los factores de emisión, los datos de actividad y otros parámetros de estimación de cada sector (IPCC, 2006). Para mayor información respecto de la metodología y los resultados de la incertidumbre, véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

La incertidumbre total del INEGYCEI, sin considerar la categoría [3B] Tierra, fue de [±7.68%]. Entonces, si las emisiones de 2015, sin considerar esa categoría, fueron de 682,959.104 Gg de CO_2e, la incertidumbre total corresponde a un rango de variabilidad de las emisiones de entre 630,507.8 y 735,410.4 Gg de CO_2e. Si se consideran las emisiones netas, la incertidumbre total del INEGYCEI fue de [±11.19%]. Por lo tanto, si las emisiones netas de 2015 alcanzaron 534,613.03 Gg de CO_2e, la incertidumbre total correspondió a un rango de variabilidad de las emisiones entre 474,789.8 y 594,436.2 Gg de CO_2e.

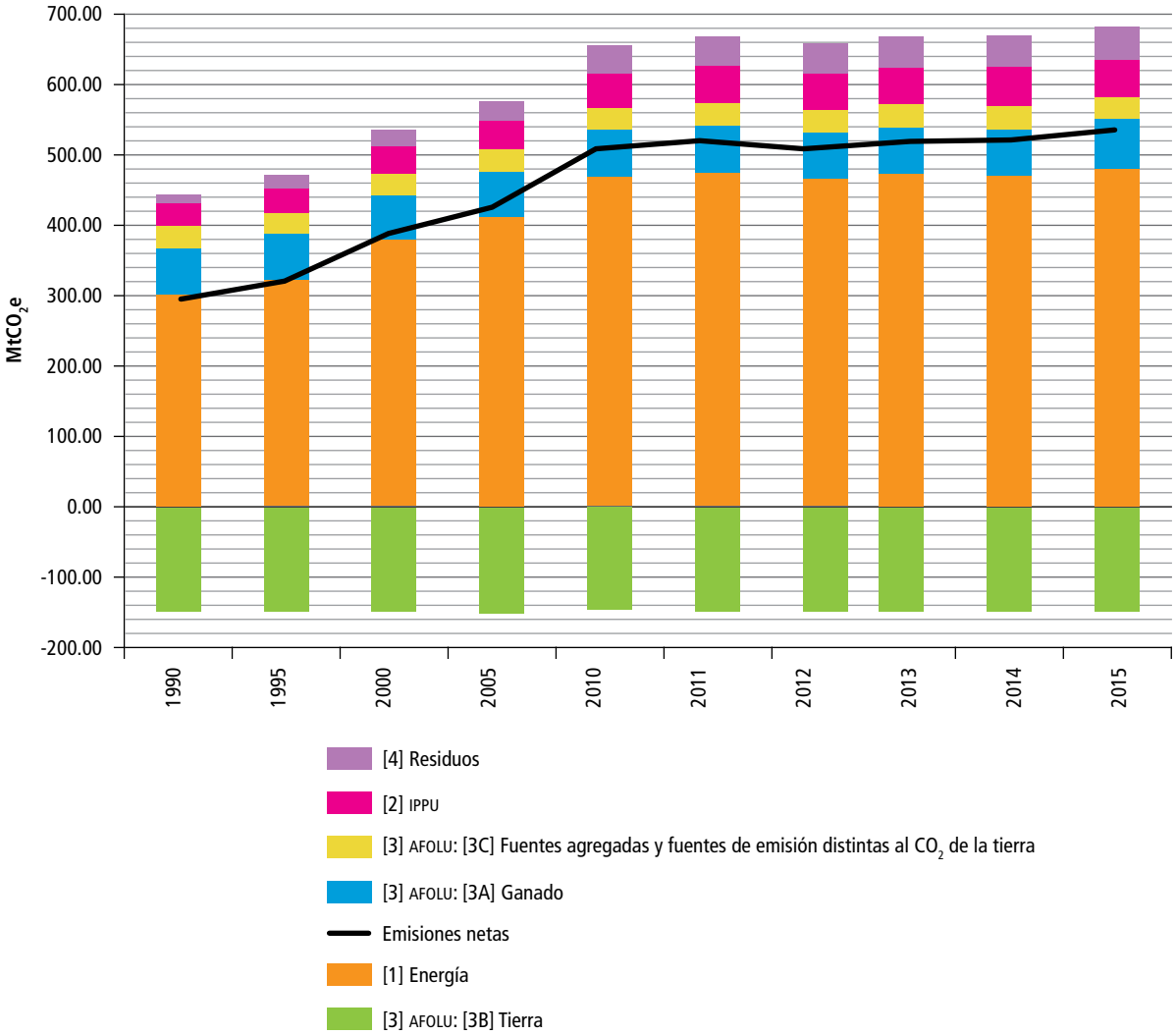
Las incertidumbres por orden creciente de las emisiones correspondientes a los gases se presentan en el siguiente orden: hexafluoruro de azufre, [±3.89%]; metano, [±4.98%]; dióxido de carbono, [±8.95%]; hidrofluorocarbonos, [±22.07%], y óxido nitroso, [±123.55%].

Tendencias en las emisiones de GEI

En la **Figura 2.10** y la **Tabla 2.8** se muestran las tendencias 1990 a 2015 de las emisiones de gases de efecto invernadero. En 1990 las emisiones totales (sin considerar absorciones) alcanzaron 444,751.91 Gg de CO_2e, y en 2015, 682,959.10 Gg de CO_2e; es decir, hubo un incremento de 54% a una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.7 por ciento.

El análisis por sector muestra que entre 1990 y 2015, los sectores [2] IPPU y [1] Energía tuvieron incrementos de 66% y 60%, respectivamente con una TCMA de 2 por ciento. Dentro de ese lapso, sin embargo, de 2010 a 2015 las emisiones del sector IPPU crecieron 7% con una TCMA de 1.5%, y las del sector Energía, 2% con una TCMA de 0.4 por ciento. El comportamiento de las emisiones en el periodo 2005-2010 para estos sectores fue, para Energía, de 13.74% con una TCMA de 2.61%, mientras que para Procesos industriales el crecimiento fue de 21.48% con una TCMA de 3.97 por ciento.

Figura 2.10. **Tendencias de GEI por sector, 1990-2015**



Fuente: INECC y SEMARNAT, 2018.

Con la finalidad de hacer un comparativo del comportamiento de las emisiones durante el periodo 1990-2015 y el periodo desde la última comunicación de México ante la CMNUCC a través de la *Quinta Comunicación* de México (INECC y SEMARNAT, 2012), en la **Tabla 2.9** se resumen las emisiones de GEI de 1990 y se comparan con las emisiones de 2015, teniendo un incremento de 54% con una TCMA de 1.7 %. Se hace también un análisis entre las emisiones de 2010 y las de 2015, en el que se observa un crecimiento de 4% con una TCMA de 0.8%, en comparación con el crecimiento de 13.57% con una TCMA de 2.58% durante el periodo 2005-2010.

En la **Tabla 2.9** se observa también que las actividades de [3A] Ganado se incrementaron en 6% entre 1990 y 2015 (TCMA de 0.24%). El análisis del periodo 2010 a 2015 muestra que se mantuvo el incremento de 6%, pero la TCMA aumentó 1.2% en comparación con el crecimiento de 2.96% con una TCMA de 0.59% durante el periodo 2005-2010. La causa principal de este incremento se atribuye al crecimiento en las poblaciones de bovinos, porcinos y aves de corral –reportado por SIAP– en el periodo. La población de bovinos aumentó 5% entre 1990 y 2015, mientras que, entre 1990 y 2010, creció 2%; el incremento restante ocurrió entre 2010 y 2015.

Tabla 2.8. **Tendencias de emisiones y absorciones de GEI por sector, 1990-2015**
Gg de CO2e

Sector/ Categoría	Emisiones y absorciones									
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
[1]Energía	301,483.58	323,187.48	380,312.36	413,247.23	470,020.04	475,826.42	467,533.67	473,762.96	470,615.02	480,878.83
[2]IPPU	32,624.86	33,850.26	38,547.13	41,449.95	50,352.12	52,306.18	52,697.57	52,813.59	55,524.91	54,111.76
[3]AFOLU										
[3A]Ganado	66,494.18	65528.28	63776.26	64522.57	66434.99	66,902.21	65,361.749	66,660.46	67,392.54	70,567.60
[3C]Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	31,599.18	29,645.10	30,295.92	30,433.47	29,864.84	32,349.34	31,038.54	31,754.12	32,046.77	31,491.90
[4]Residuos	12,550.11	19,191.40	23,516.37	28,514.00	39,948.34	41,289.80	42,326.95	43,552.92	44,435.22	45,909.01
Total	444,751.91	471,402.52	536,448.04	578,167.22	656,620.33	668,673.95	658,958.48	668,544.05	670,014.46	682,959.10
[3]AFOLU										
[3B]Tierra	-148,266.22	-148,266.22	-148,266.22	-151,111.58	-146,576.59	-148,346.07	-148,346.07	-148,346.07	-148,346.07	-148,346.07
Total neto	296,485.69	323,136.30	388,181.82	427,055.64	510,043.74	520,327.88	510,612.41	520,197.98	521,668.39	534,613.03

En el caso de [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la Tierra, es decir, las actividades del sector agrícola, se tiene un ligero decremento (0.34%) en las emisiones durante el periodo de 25 años (1990-2015). Sin embargo, en el periodo 2010-2015 las emisiones incrementaron 5% con una TCMA de 1.1%, en comparación con el decremento de -1.87% con una TCMA negativa 0.38% durante el periodo 2005-2010. El nivel máximo de emisiones se registró en 2011 (32,349.30 Gg CO_2e), y el mínimo en 2002 (28,564.32 Gg CO_2e). Las emisiones promedio de GEI para el periodo 1990-2015 en esta categoría fueron de 30,366.54 Gg CO_2e.

El sector [4] Residuos tuvo un incremento de 266% a una TCMA de 5% con respecto a las emisiones en 1990. Esto se debió a la construcción de rellenos sanitarios en la década de los noventa. El comportamiento de las emisiones entre 2010 y 2015 aumenta 14.92% a una TCMA del 2.8%, en comparación con el crecimiento de las emisiones de 40.10% con una TCMA de 6.98% entre 2005 y 2010.

Finalmente, las absorciones de [3B] Tierra en el periodo 2010-2015 mostraron un ligero incremento de 1% con una TCMA de 0.2% en comparación con el periodo 2005-2010 que tuvieron un decremento de 3.00% con una TCMA de menos 0.61%.

Tabla 2.9. Comparación de las emisiones de GEI

Sector	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[1]Energía	301,483.58	413,247.23	470,020.04	480,478.83	59	13.74	2	2	2.61	0.4
[2] IPPU	32,624.86	41,449.95	50,352.12	54,111.76	66	21.48	7	2	3.97	1.5
[3] AFOLU										
[3A]Ganado	66,494.18	64522.57	66,435.00	70,567.60	6	2.96	6	0.24	0.59	1.2
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	31,599.18	30,433.47	29,864.84	31,491.90	-0.34	-1.87	5	-0.01	-0.38	1.1
[4] Residuos	12,550.11	28,514.00	39,948.33	45,909.01	266	40.10	15	5	6.98	2.8
Total	444,751.90	578,167.22	656,620.33	682,959.10	54	13.57	4	1.7	2.58	0.8
[3] AFOLU										
[3B]Tierra	-148,266.22	-151,111.58	-146,576.59	-148,346.07	0.05	-3.00	1	0.002	-0.61	0.2
Total neto	296,485.69	427,055.64	510,043.74	534,613.03	80	19.43	5	2.4	3.62	0.9

Fuente: INECC, 2018.

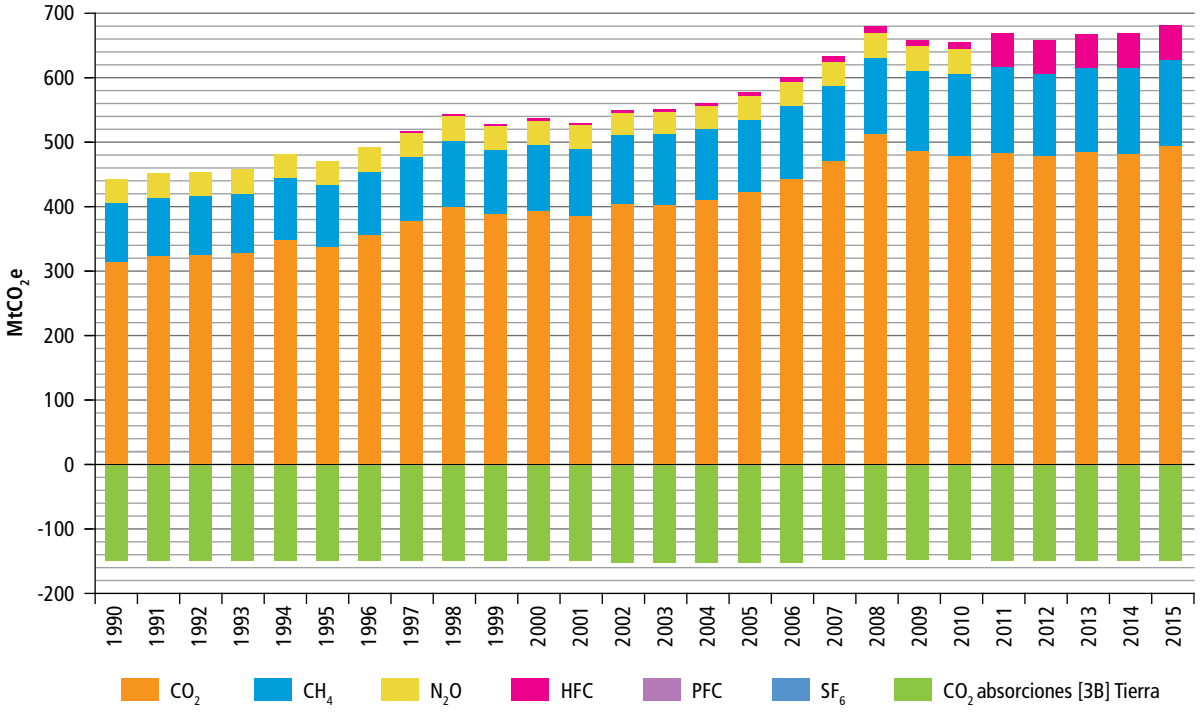
Tendencias de las emisiones totales de GEI por tipo de gas

La serie histórica de las emisiones de GEI por tipo de gas se presentan en la **Tabla 2.10**, así como las absorciones del CO_2 por la categoría de [3B] Tierra. De la misma forma se ilustra en la **Figura 2.11** el comportamiento de las tendencias de las emisiones por tipo de gas del periodo de 1990 a 2015.

Tabla 2.10. **Emisiones y absorciones de GEI por tipo de gas, 1990-2015**

Tipo de gas	Emisiones y absorciones (Gg de CO_2e)									
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CO_2	315,042.12	337,788.00	393,623.28	424,342.76	479,583.69	484,472.17	478,812.89	484,745.18	482,876.61	494,076.83
CH_4	91,402.38	96,369.15	103,071.46	111,422.36	127,407.76	133,180.12	129,151.56	131,431.55	132,625.33	135,022.08
N_2O	37,076.62	36,479.48	37,211.32	37,855.31	38,919.51	39,814.15	40,100.78	40,647.60	41,228.15	41,048.19
HFC	760.64	647.78	1,903.46	4,423.71	10,551.39	11,042.15	10,722.40	11,528.03	13,029.86	12,616.74
PFC	437.73	69.97	568.54	0	0	0	0	0	0	0
SF_6	32.41	49.04	69.99	123.07	157.99	165.36	170.85	191.69	254.52	195.25
Total	444,751.90	471,401.52	536,448.04	578,167.22	656,620.33	668,673.95	658,958.48	668,544.05	670,014.46	682,959.10
CO_2 (absorciones de [3B] Tierra)	-148,266.22	-148,266.22	-148,266.22	-151,111.58	-146,576.59	-148,346.07	-148,346.07	-148,346.07	-148,346.07	-148,346.07
Total neto	296,485.69	323,136.30	388,181.82	427,055.64	510,043.74	520,327.88	510,612.41	520,197.98	521,668.39	534,613.03

Figura 2.11. **Tendencias de GEI por tipo de gas, 1990-2015**



En la **Tabla 2.11** se presentan la comparación de las emisiones por tipo de gas, así como el porcentaje de incremento y la TCMA de cada uno de ellos, para los periodos de 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

Las emisiones de CO_2 en 1990 fueron de 315,042.12 Gg y en 2015 se incrementaron 57% con una TCMA de 1.82%, debido principalmente al incremento en el uso de combustibles fósiles. En el periodo 2010-2015, el incremento fue de 3.02% con una TCMA de 0.6%, comparado con un incremento de 13.02% con una TCMA de 2.48% durante 2005-2010.

En el periodo 1990-2015 las emisiones de metano tuvieron un incremento de 48% con una TCMA de 1.82%, provocado principalmente por las prácticas de disposición final de los residuos sólidos en rellenos sanitarios y también por el incremento en el uso del agua para actividades municipales e industriales y el posterior tratamiento de aguas residuales y descargas de las mismas. Las emisiones de CH_4 en el periodo de 2010 a 2015 aumentaron 5.98% con una TCMA de 1.17%, comparado con un incremento de 14.35% con una TCMA de 2.72% durante 2005-2010.

Es de resaltar que las emisiones de hidrofluorocarbonos se incrementaron con una TCMA de 11.89% entre 1990-2015, pasando de 760.64 Gg de CO_2e a 12,616.74 Gg de CO_2e. Este incremento se debió a que, desde la primera década del siglo, como parte de las acciones para cumplir con el Protocolo de Montreal, se sustituyeron los clorofluorocarbonos y creció la producción de HFC por el aumento en el uso de estos compuestos como refrigerantes. En el periodo 2010-2015 el incremento fue de 19.57% con una TCMA de 3.64%, comparado con un incremento de 138.52% con una TCMA de 18.99% durante 2005-2010. Los datos específicos de las emisiones por tipo de HFC se analizan en el capítulo 4 del INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2012).

También es de resaltar el incremento de las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF_6) de 32.41 Gg de CO_2e en 1990 a 195.25Gg de CO_2e en 2015, con una TCMA de 7.45 por ciento. En el periodo de 2010 a 2015 el crecimiento fue de 23.58% con una TCMA de 4.33%, comparado con un incremento de 28.37% con una TCMA de 5.12% durante 2005-2010. El SF_6 es un gas de elevada constante dieléctrica, por lo que se usa habitualmente como aislante en los sistemas de distribución de electricidad, especialmente en sistemas de alta tensión. Así, el incremento del uso de este gas en la transmisión eléctrica es el principal factor del incremento de las emisiones.

México dejó de producir aluminio primario a partir de 2004, y desde ese año sólo se procesa aluminio reciclado. Este cambio de actividad determinó que en México cesaran las emisiones de perfluorocarbonos por esta actividad (**Tabla 2.11**).

Tabla 2.11. Emisiones por tipo de gas en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Tipo de gas	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
CO_2	315,042.12	424,342.76	479,583.68	494,076.83	56.83	13.02	3.02	1.82	2.48	0.60
CH_4	91,402.38	111,422.36	127,407.76	135,022.08	47.72	14.35	5.98	1.57	2.72	1.17
N_2O	37,076.62	37,855.31	38,919.51	41,048.19	10.71	2.81	5.47	0.41	0.56	1.07
HFC	760.64	4,423.71	10,551.39	12,616.74	1559	138.5	19.57	11.89	18.99	3.64
PFC	437.73	0.00	0.00	0.00	-100	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	32.41	123.07	157.99	195.25	502.44	28.37	23.58	7.45	5.12	4.33
Total	444,751.90	578,167.22	656,620.33	682,959.10	54	13.57	4.01	1.7	2.58	0.79
CO_2 (absorciones de [3B] Tierra)	-148,266.22	-151,111.58	-146,576.59	-148,346.07	0.05	-3.00	1.21	0.002	-0.61	0.24
Total neto	296,485.69	427,055.64	510,043.74	534,613.03	80.32	19.43	4.82	2.4	3.62	0.95

Indicadores per cápita e intensidad de carbono

Los indicadores de emisiones per cápita por el consumo de combustibles fósiles y de intensidad de carbono que publica el Banco Mundial permiten hacer comparaciones a nivel internacional (BM, 2017).

Para los fines de este documento, se consideran las emisiones en CO_2e de las actividades por la quema de combustibles fósiles (combustóleo, gas natural, diésel, gasolina, carbón mineral) de las fuentes de emisión del sector [1] Energía.

El indicador de 1993 a 2015 de las emisiones de CO_2e por habitante por el combustible fósil, así como el de intensidad de carbono, se presentan en la **Tabla 2.12**.

El crecimiento del indicador de CO_2e por habitante entre 1993 y 2015 fue de 14.24% con una

Tabla 2.12. Emisiones per cápita de CO_2 e intensidad de carbono por la quema de combustible, 1993-2015

Año	Emisión de CO_2e por quema de combustible (ton)	Población (hab)[1]	PIB (millones de pesos de 2013)[2]	Emisiones de CO_2e per cápita (ton CO_2e/hab)	Intensidad de carbono (ton CO_2e/PIB)
1993	289,811,699.72	91,600,655	10,416,096.24	3.16	27.82
1994	307,462,920.90	93,055,300	10,952,773.42	3.30	28.07
1995	294,343,284.84	94,490,336	10,198,513.28	3.12	28.86
1996	302,272,892.13	95,876,664	11,116,526.64	3.15	27.19
1997	314,660,127.03	97,204,604	11,887,380.12	3.24	26.47
1998	332,785,774.74	98,485,424	12,139,816.58	3.38	27.41
1999	329,756,747.49	99,706,067	12,554,685.81	3.31	26.27
2000	334,861,621.21	100,895,811	13,003,302.17	3.32	25.75
2001	335,708,941.07	102,122,295	12,901,429.20	3.29	26.02
2002	357,100,698.49	103,417,944	13,084,104.35	3.45	27.29
2003	354,353,935.90	104,719,891	13,305,703.43	3.38	26.63
2004	365,076,445.39	105,951,569	13,872,028.14	3.45	26.32
2005	375,229,872.63	107,151,011	14,306,520.49	3.50	26.23
2006	389,706,012.20	108,408,827	14,800,896.66	3.59	26.33
2007	403,454,516.22	109,787,388	15,204,934.16	3.67	26.53
2008	411,724,483.00	111,299,015	15,125,053.99	3.70	27.22
2009	401,020,877.83	112,852,594	14,882,955.65	3.55	26.94
2010	410,545,396.39	114,255,555	15,499,585.06	3.59	26.49
2011	425,074,135.06	115,682,868	16,139,594.09	3.67	26.34
2012	427,795,436.57	117,053,750	16,638,515.04	3.65	25.71
2013	432,799,253.36	118,395,054	16,841,836.04	3.66	25.70
2014	421,770,629.85	119,713,203	17,425,687.93	3.52	24.20
2015	436,459,963.39	121,005,815	17,894,004.11	3.61	24.39

[1] De acuerdo con CONAPO 2012, los resultados de las estadísticas de población para 1990-2010 provienen de diversas fuentes estadísticas (censo, encuestas y registros administrativos). Los resultados a partir de 2010 se generan mediante el establecimiento de hipótesis de evolución futura del comportamiento de las variables demográficas; es decir, son proyecciones considerando las tendencias observadas entre 1990 y 2010 (CONAPO, 2012).

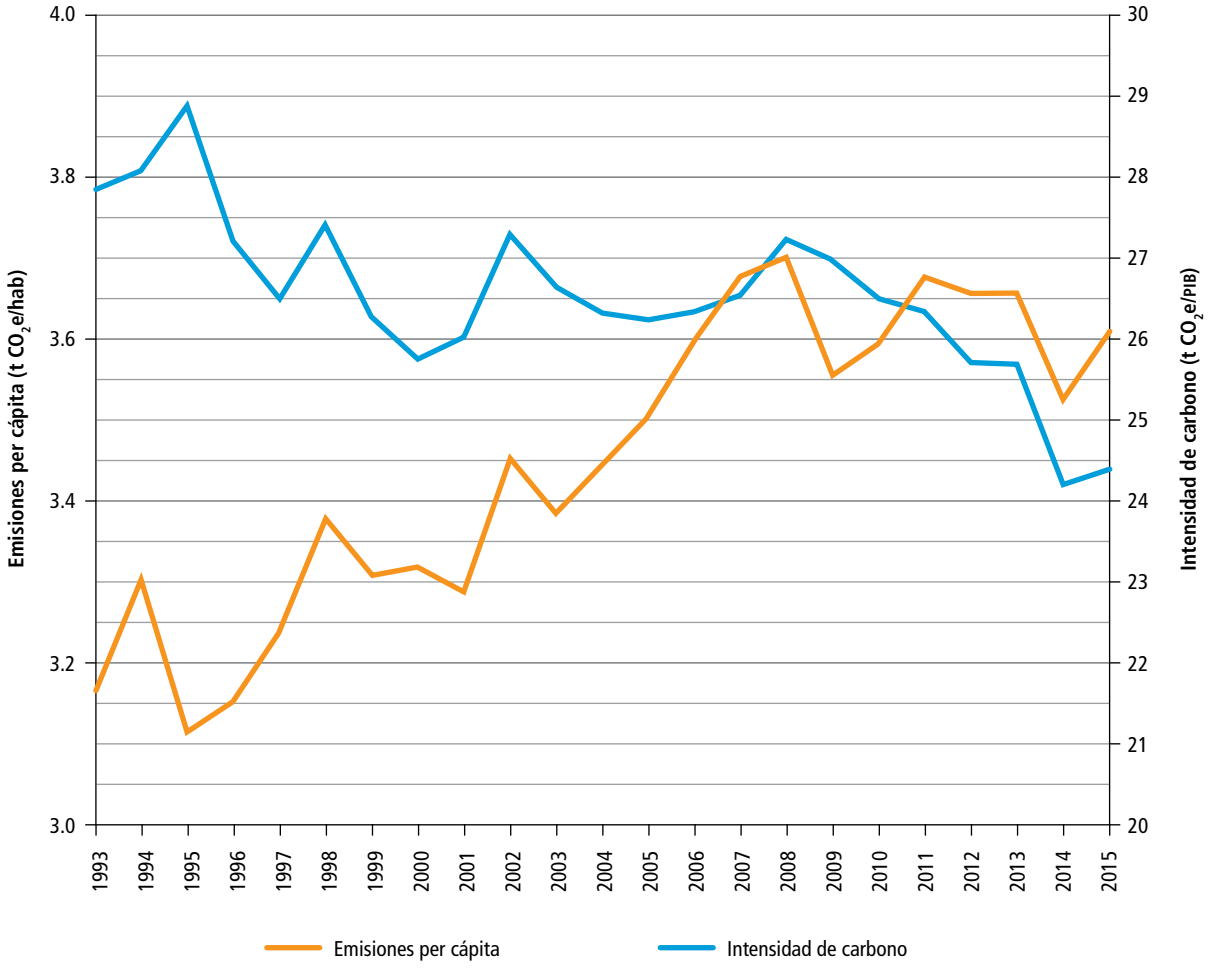
[2] Fuente: INEGI, 2018. PIB año base 2013. Consultado en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=10200035#D10200035

TCMA de 0.61 por ciento. El promedio de las emisiones per cápita en esos 23 años fue de 3.45 ton de CO_2e/habitante, mientras que en 2015 fue de 3.61 ton de CO_2e/habitante; ambas cantidades están por debajo del promedio mundial que el Banco Mundial indica de 4.972 ton de CO_2e/habitante (BM, 2017). El indicador de CO_2e per cápita entre 2010 y 2015 tuvo un incremento de 0.56% con una TCMA de 0.11%, mientras que entre 2005 y 2010 el incremento fue de 2.57% a una TCMA de 0.60%.

El indicador de intensidad de carbono establece la relación de las emisiones de CO_2e generadas por las actividades del uso energético de combustibles fósiles por unidad del producto interno bruto (PIB) nacional. Se usa la serie del PIB trimestral publicada por INEGI con año base 2013 para los años 1993-2015. La intensidad de carbono en 1993 fue de 27.82 ton de CO_2e/PIB, mientras que en 2015 fue de 24.39 ton de CO_2e/PIB; es decir, 12.33% menos con una TCMA negativa de 0.6 por ciento. Respecto a la última comunicación (*Quinta Comunicación*), la intensidad de carbono entre 2010 y 2015 fue de 26.49 ton de CO_2e/PIB; es decir, 7.93% menos con una TCMA de -1.64%, con respecto al incremento de 1.00% con una TCMA de 0.20% entre 2005 y 2010.

En la **Figura 2.12** se muestra la tendencia del indicador de CO_2e per cápita y del de intensidad de carbono de 1993 a 2015.

Figura 2.12. **Emisiones per cápita de CO_2e intensidad de carbono por la quema de combustible, 1993-2015**



Para poder compararse con otros países, México utilizó el indicador de emisiones de CO_2e de las actividades de uso de energía por combustión entre el producto interno bruto en dólares de Estados Unidos a diferentes paridades corrientes de poder de compra (PIB_{PPC}) que publica la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés). De acuerdo con este indicador, en 2015 México tuvo una intensidad de carbono de 204.89 ton de CO_2e/PIB_{PPC} (utilizando un PIB_{PPC} de 2,130,259.3699 millones de dólares[13]). La IEA indica que el promedio mundial es de 310 ton de CO_2e/PIB_{PPC} (OCDE/IEA, 2017), por lo que México tiene una intensidad de carbono 33.9% menor que el promedio internacional.

[13] Producto interno bruto en dólares de EU a paridades corrientes de poder de compra. Período: 1996-2016, Anual, Millones de dólares estadounidenses. Consultado en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/paridades/estructura.aspx?idEstructura=1150058000050030&T=Paridades%20de%20poder%20de%20compra&ST=Producto%20Interno%20Bruto%20en%20d%C3%B3lares%20de%20EU%20a%20Paridades%20de%20Poder%20de%20Compra%20corrientes&tipoInfo=V

Comparativo internacional de las emisiones de CO_2 por la quema de combustibles fósiles de México

La IEA (OCDE/IEA, 2017) publicó que, en 2015, en el mundo se emitieron 32,294.2 $MtCO_2$ por las actividades del uso energético de los combustibles. China fue el principal país emisor de CO_2 por esta actividad, con 9,084 $MtCO_2$, es decir 28.13% de las emisiones totales del planeta. Le siguió Estados Unidos de Norteamérica con 4,998 $MtCO_2$ (15.48% de las emisiones totales). El tercer lugar lo ocupó la Unión Europea con 3,201 $MtCO_2$ (9.91% de la aportación mundial). En 2015, México emitió 429.9 $MtCO_2$ por la quema de combustible, cantidad que representó 1.33% de las emisiones mundiales.

Los diez primeros emisores de CO_2 en el mundo por esta actividad son China, Estados Unidos, Unión Europea, India, Rusia, Japón, Corea, República Islámica de Irán, Canadá y Arabia Saudita, cuyas emisiones suman 24,177 $MtCO_2$, equivalentes a 74.86% de las emisiones totales en el mundo.

Las emisiones de los países del continente americano en 2015 fueron de 7,203.2 $MtCO_2$, con Estados Unidos en primer lugar al aportar 69.39%, seguido por Canadá, que en 2015 emitió 549.2 $MtCO_2$ (7.62% de las emisiones del continente) y México en tercer lugar con una aportación de 5.97 por ciento.

[1] Energía

En este sector se analizan las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O derivadas del consumo de los combustibles fósiles [1A] y de las emisiones fugitivas [1B], las cuales liberan principalmente emisiones de dióxido de carbono y metano, respectivamente.

Las emisiones fugitivas, según el IPCC, son las que se generan en industrias de combustibles sólidos e industrias de petróleo y gas. Las tasas de emisión dependen de las prácticas durante la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y distribución de los combustibles. La clasificación del sector de Energía, de acuerdo con las *Directrices del IPCC* 2006, se muestra en la **Tabla 2.13**.

Las emisiones en el sector de Energía, expresadas en CO_2e, registraron un aumento de 59.5% con respecto a 1990, pasando de 301,473.25 Gg a 480,878.83 Gg [±2.3%] en 2015, con una TCMA de 1.9% (**Tabla 2.14** y **Figura 2.13**). Las emisiones de GEI por el consumo de combustibles fósiles representaron, en 2015, 90.8%, y en 1990, 92%, lo que denota que las emisiones fugitivas contribuyeron con 9.2% en 2015, y con 8% en 1990.

Tabla 2.13. Clasificación de las categorías y subcategorías de Energía, definidas por el IPCC 2006

Clave IPCC	Categorías, subcategorías y fuentes
[1A]	Actividades de quema de combustible
[1A1]	Industrias de la energía
[1A1a]	– Actividad principal producción de electricidad y calor
[1A1b]	– Refinación de petróleo
[1A1c]	– Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía
[1A2]	Industrias de la manufactura y de la construcción
[1A2a]	– Hierro y acero
[1A2b]	– Metales no ferrosos
[1A2c]	– Sustancias químicas
[1A2d]	– Pulpa, papel e imprenta
[1A2e]	– Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco
[1A2f]	– Minerales no metálicos
[1A2g]	– Equipo de transporte
[1A2h]	– Maquinaria
[1A2i]	– Minería (con excepción de combustibles) y cantería
[1A2j]	– Madera y productos de la madera
[1A2k]	– Construcción
[1A2l]	– Textiles y cueros
[1A2m]	– Industria no especificada
[1A3]	Transporte
[1A3a]	– Aviación civil
[1A3b]	– Autotransporte
[1A3c]	– Ferrocarriles
[1A3d]	– Navegación marítima y fluvial
[1A3e]	– Otro transporte
[1A4]	Otros sectores
[1A4a]	– Comercial/ Institucional
[1A4b]	– Residencial
[1A4c]	– Agropecuario/ silvicultrura/ pesca/ piscifactorías
[1B]	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles
[1B1]	Combustibles sólidos
[1B1a]	– Minería carbonífera y manejo del carbón
[1B1b]	– Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón
[1B2]	Petróleo y gas natural
[1B2a]	– Petróleo
[1B2b]	– Gas natural

Las contribuciones de las categorías del sector Energía en 2015 fueron las siguientes (**Figura 2.14**): transporte 35.6%; industrias de la energía, 34.2%; industrias de la manufactura y construcción, 13.2%; otros sectores (residencial, comercial y agropecuario), 7.7%; emisiones fugitivas de petróleo y gas, 7.6%, y emisiones fugitivas de combustibles sólidos, 1.6 por ciento.

Tabla 2.14. **Emisiones de GEI por subcategoría del sector [1] Energía, 1990-2015**
(Gg de CO_2e)

Categoría/ Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
[1A] Actividades de quema de combustible	277,479.09	294,343.28	334,861.62	375,229.87	410,545.40	425,074.14	427,795.44	432,799.25	421,770.63	436,459.96
[1A1] Industrias de la energía	102,735.24	107,815.66	135,490.75	148,386.99	156,263.03	159,640.32	166,828.14	171,687.23	163,802.81	164,636.82
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	50,829.57	51,356.07	48,027.46	54,404.52	53,258.60	61,831.48	56,988.90	61,042.94	58,726.24	63,490.20
[1A3] Transporte	93,541.83	102,468.79	117,209.09	139,304.03	164,226.38	167,477.78	167,825.34	164,759.90	163,402.74	171,354.84
[1A4] Otros sectores	30,372.44	32,702.77	34,134.32	33,134.33	36,797.38	36,124.56	36,153.06	35,309.19	35,838.84	36,978.11
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	23,994.17	28,825.91	45,413.67	37,999.32	59,426.48	50,722.35	39,723.76	40,963.71	48,844.39	44,418.87
[1B1] Combustibles sólidos	3,241.64	3,283.07	4,354.13	3,496.37	8,980.57	11,362.99	9,543.96	9,186.93	9,340.60	7,786.77
[1B2] Petróleo y gas natural	20,752.53	25,542.84	41,059.54	34,502.96	50,445.91	39,359.36	30,179.79	31,776.78	39,503.79	36,632.10

Figura 2.13. **Emisiones de GEI por subcategoría del sector [1] Energía 1990-2015**

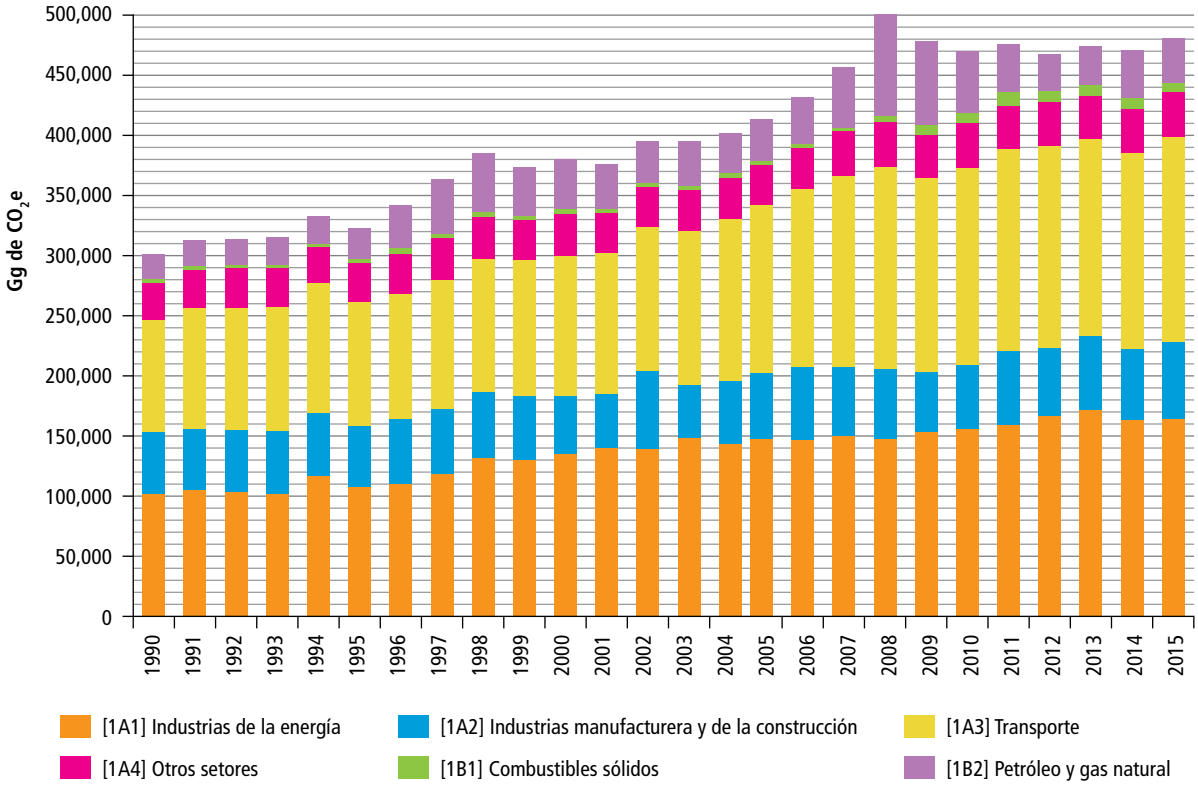
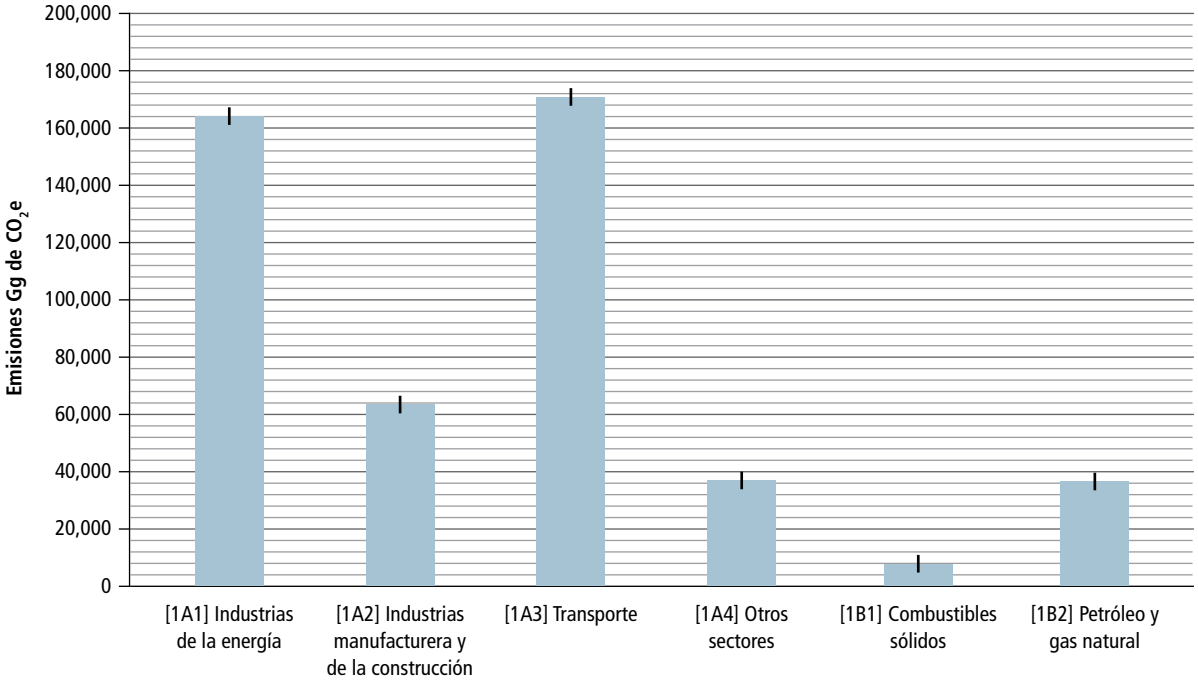


Figura 2.14. **Emisiones de GEI de [1] Energía por categoría, 2015**
(Gg de CO_2e e incertidumbre)



[1A] Consumo de combustibles fósiles

El IPCC define la quema de combustible como la oxidación intencional de materiales que suministran calor o trabajo mecánico a un proceso (IPCC, 2006). Se define así con el fin de distinguir entre la quema de combustibles para la producción de calor o trabajo y aquellas emisiones generadas por reacciones químicas que ocurren durante el uso de combustibles fósiles en los procesos industriales para la fabricación de productos.

En 2015, en la fuente [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor se generaron 125,124 Gg de CO_2e. En esta fuente, las emisiones crecieron 92% entre 1990 y 2015, con una TCMA de 2.64 por ciento. En el periodo 2010-2015 se observó un crecimiento de 7.46% con una TCMA de 1.45%, comparado con 2.83% de crecimiento con una TCMA de 0.56% entre 2005 y 2010. Durante el periodo 1990-2015 el consumo de los diferentes combustibles para la producción de electricidad varió de la siguiente manera: el de carbón mineral aumentó en 349% con una TCMA de 6.2%; el de combustóleo disminuyó en 62% con una TCMA negativa de 3.8%; el de diésel decreció 13% con una TCMA negativa de 0.6%, y el de gas natural aumentó 765% con una TCMA de 9% (**Figura 2.15**). Para mayor detalle del comportamiento de las emisiones de la generación de energía eléctrica por tecnología, véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Las emisiones de GEI respecto de los diferentes combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica han aumentado, en el periodo 1990-2015, para el carbón mineral con una TCMA de 6.18% y para el gas natural con una TCMA de 9.01%, mientras que se ha observado reducción de emisiones de GEI para el combustóleo con una TCMA de-3.76% y para el diésel con una TCMA negativa de 0.59 por ciento. En la **Tabla 2.15** se presenta el comparativo de las emisiones, así como el porcentaje de crecimiento y la TCMA entre los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

La fuente [1A1b] Refinación del petróleo comprende las emisiones directas de equipos de combustión en servicios para ese fin, como auto-

Figura 2.15. **Emisiones de GEI por tipo de combustible para [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor, 1990 a 2015**

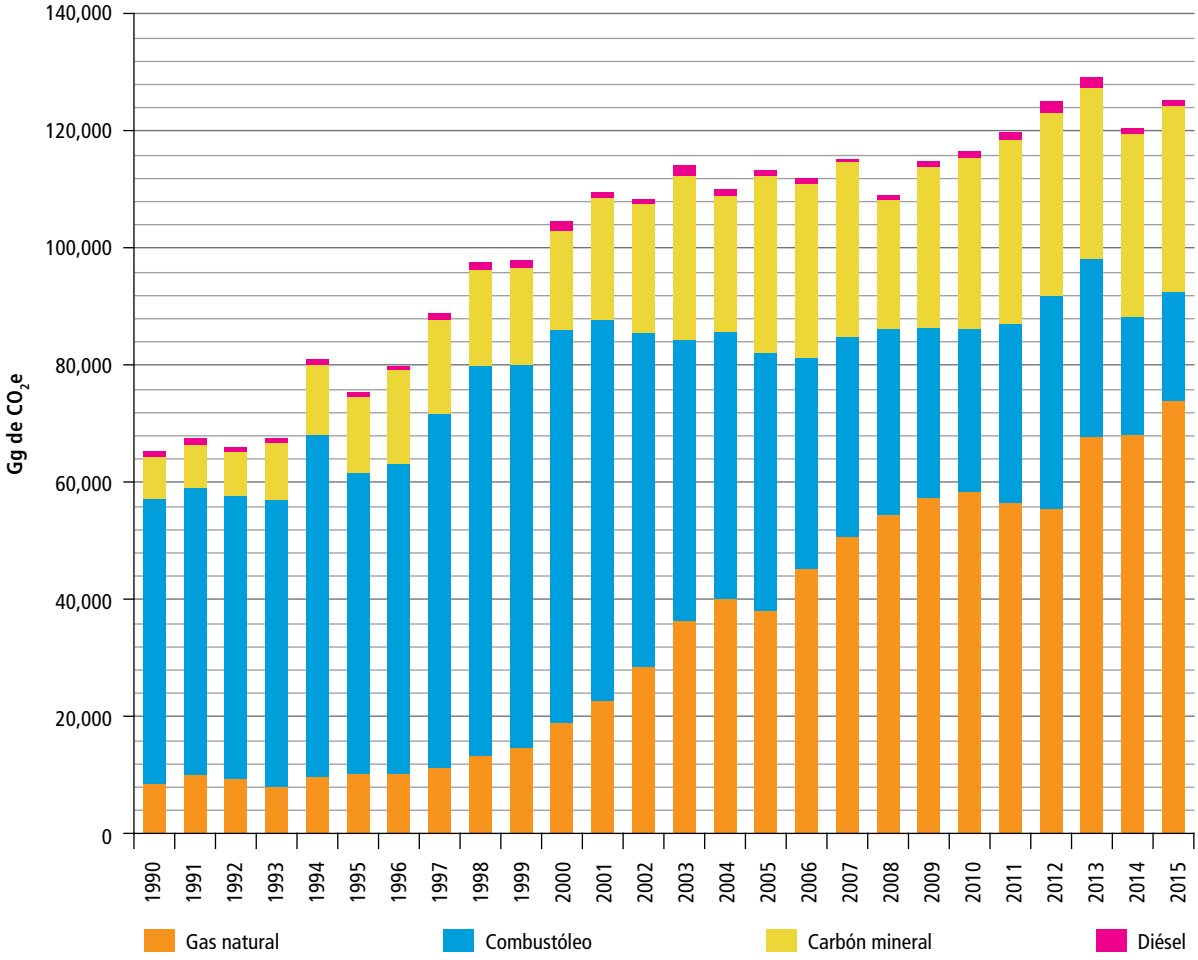


Tabla 2.15. **Emisiones en [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor, por tipo de combustible, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Combustible	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
Carbón mineral	7,084.78	30,220.67	29,268.53	31,781.43	348.59%	-3.15%	8.59%	6.19%	-0.64%	1.66%
Combustóleo	48,536.56	43,991.45	27,855.97	16,626.08	-65.75%	-36.68%	-40.31%	-4.19%	-8.73%	-9.81%
Diésel	1,035.12	902.72	985.84	893.00	-13.73%	9.21%	-9.42%	-0.59%	1.78%	-1.96%
Gas natural	8,539.41	38,115	58,328.25	73,823.90	764.51%	53.03%	26.57%	9.01%	8.88%	4.82%
Total	65,195.87	113,229.84	116,438.59	125,124.41	91.92%	2.83%	7.46%	2.64%	0.56%	1.45%

Fuente: INECC, 2018.

generación de electricidad y calor, así como calderas, calentadores, hornos, generadores de vapor, motores de combustión interna, bombas, turbinas, compresores, bombas contra incendio y la combustión para el funcionamiento de oxidadores térmicos, hornos de calcinación de coque, etc., destinados a la producción de petrolíferos como gasolina, turbosina, queroseno, diésel, gas licuado de petróleo, combustóleo y coque de petróleo, así como grasas y lubricantes.

Las emisiones por quema del combustible de la fuente de refinación del petróleo aumentaron 2.10%, con una TCMA de 0.08% al pasar de 11,582.26 Gg de CO_2e en 1990 a 11,815.40 Gg de CO_2e [±6.2%] en 2015 (**Figura 2.16**). En la **Tabla 2.16** se presentan las emisiones, porcentajes de crecimiento y TCMA en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

La fuente [1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias está representada por las fuentes de emisión provenientes de [1A1ci] Manufactura de combustibles sólidos y [1A1cii] Otras industrias de la energía; en esta última se consideran las actividades de exploración y producción, proceso, transporte y distribución de petróleo, y transporte por gasoductos. En 2015 se generaron 27,696.99 Gg de CO_2e [±6.8%], cantidad que representantó un incremento de 3.8% con respecto a la de 1990, a una TCMA de 0.3 por ciento. En esta fuente se estiman las emisiones por la quema de combustibles en la industria. Incluye asimismo la quema por la generación de electricidad y calor para el uso propio en industrias.

En 2015 se generaron 63,490.2 Gg de CO_2e [±4%] de la subcategoría [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción. En 1990 las emisiones

Figura 2.16 **Emisiones de GEI por quema de combustibles en la fuente [1A1b] Refinación del petróleo, 1990-2015**

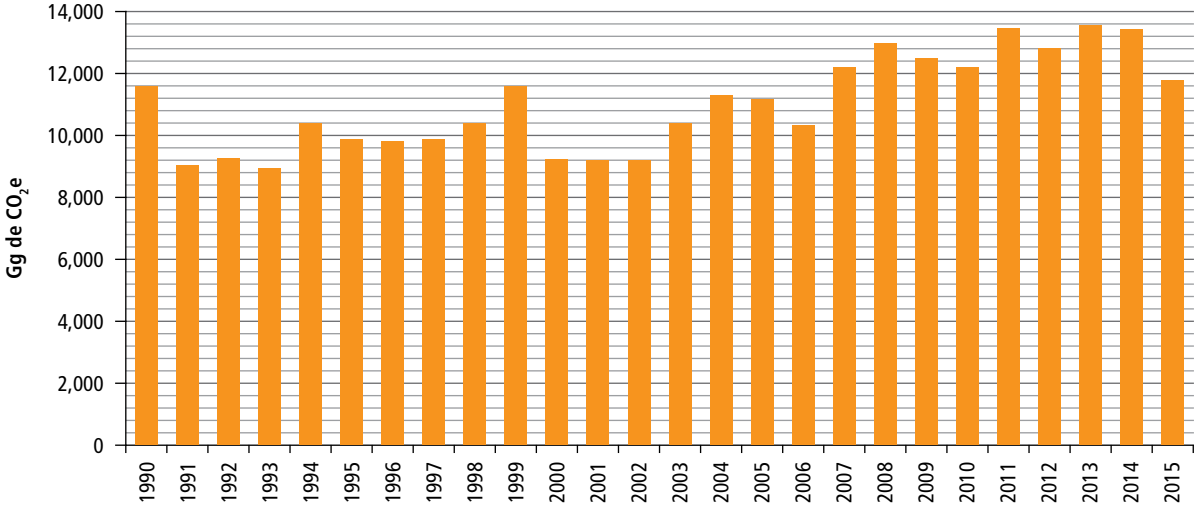


Tabla 2.16. **Emisiones por tipo de combustible en [1A1b] Refinación de petróleo, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Tipo de gas	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
CO_2	11,550.92	11,153.71	12,216.36	11,796.92	2.13%	9.53%	-3.43%	0.08%	1.84%	-0.70%
CH_4	11.13	8.61	9.00	7.71	-30.73%	4.53%	-14.33%	-1.46%	0.89%	-3.05%
N_2O	20.20	13.74	13.90	10.77	-46.68%	1.16%	-22.52%	-2.48%	0.23%	-4.97%
GEI	11,582.26	11,176.06	12,239.26	11,815.40	2.01%	9.51%	-3.46%	0.08%	1.83%	-0.70%

Fuente: INECC, 2018.

estimadas de esta subcategoría fueron 50,829.57 de CO_2e; representando un aumento del 24.9% en las emisiones de CO_2e en el periodo 1990-2015, a una TCMA de 0.9 por ciento. En la **Tabla 2.17** se presenta el comparativo entre las emisiones, porcentaje de crecimiento y TCMA entre los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

El consumo de combustible utilizado en 2015 para la subcategoría [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción se comportó de la siguiente forma: industria no especificada [1A2m] (fabricación de vidrio, productos de hule, otras ramas) tiene una participación del 45.1% en las emisiones de esta fuente. Le sigue la minería [1A2i] (cemento) con 23.1%, sustancias químicas [1A2c] 14%, hierro y acero [1A2a] 6.8%, pulpa y papel [1A2d] 3.8%, procesamiento de bebidas y tabaco (fabricación de azúcares, elaboración de refrescos hielo y bebidas, elaboración de tabaco y elaboración de cerveza) [1A2e] 2.6%, metales no ferrosos [1A2b] (minería de metales y no metálicos) 2.5%, construcción [1A2k] 1.4%, y equipo de transporte [1A2g] 0.7% (**Figura 2.20**).

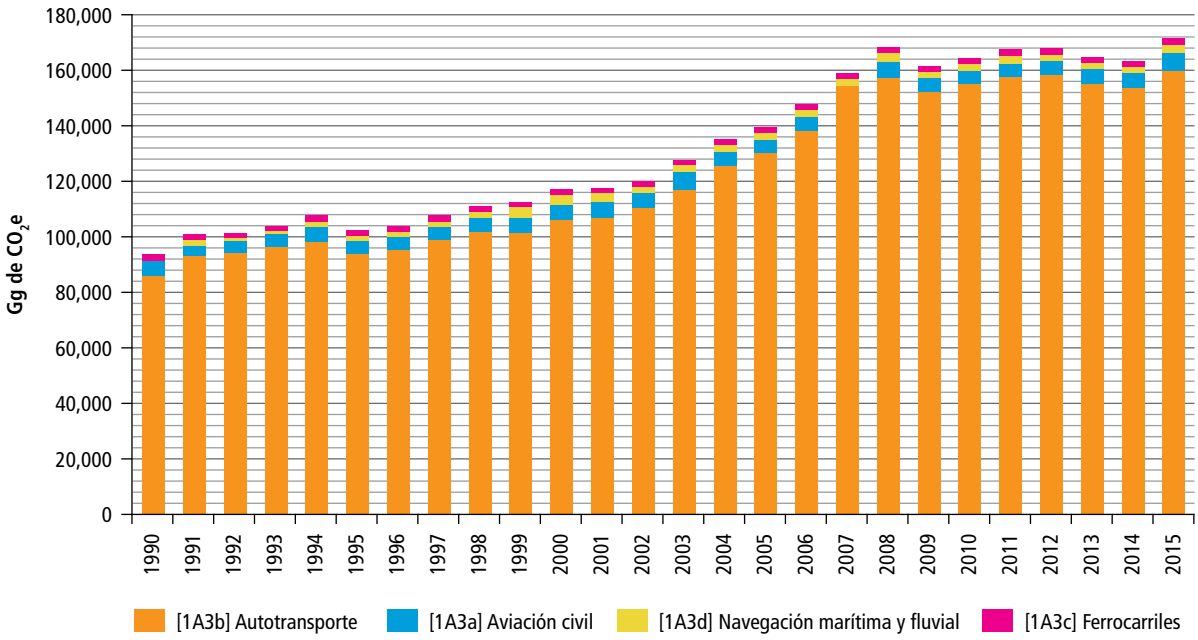
En la subcategoría de [1A3] Transporte se incluyen las emisiones de GEI procedentes de la combustión en las actividades de transporte aéreo, terrestre y marítimo. Las emisiones del sector se han incrementado en el periodo 1990-2015 en un 83.2%, con una TCMA de 2.45%, alcanzando en 2015 un total de 171,355 Gg CO_2e [±4.04%] en esta subcategoría, de los cuales la fuente autotransporte

Tabla 2.17. **Emisiones por la [1A1c] Industrias de la manufactura y la construcción en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Tipo de gas	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
GEI	50,829.57	54,404.52	53,258.60	63,490.20	24.91	-2.10	19.21	0.89	-0.42	3.58

Fuente: INECC, 2018

Figura 2.17. **Emisiones de GEI por [1A3] Transporte, 1990-2015**



contribuye con el 93.3% de las emisiones totales, la aviación civil con el 3.7%, la navegación marítima y fluvial con el 1.5% y los ferrocarriles con el 1.4 por ciento. (véase la **Figura 2.17**). En la **Tabla 2.18** se presentan las emisiones, porcentaje de crecimiento y TCMA en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

Entre los periodos 2005-2010 y 2010-2015, se observa una variación en las emisiones atribuibles al consumo de combustibles. Entre 2005 y 2010 se presentó un incremento del 19.5% en el uso de las gasolinas a una TCMA de 3.63%, mientras que en los años posteriores a 2010 la TCMA bajó a 0.09%.

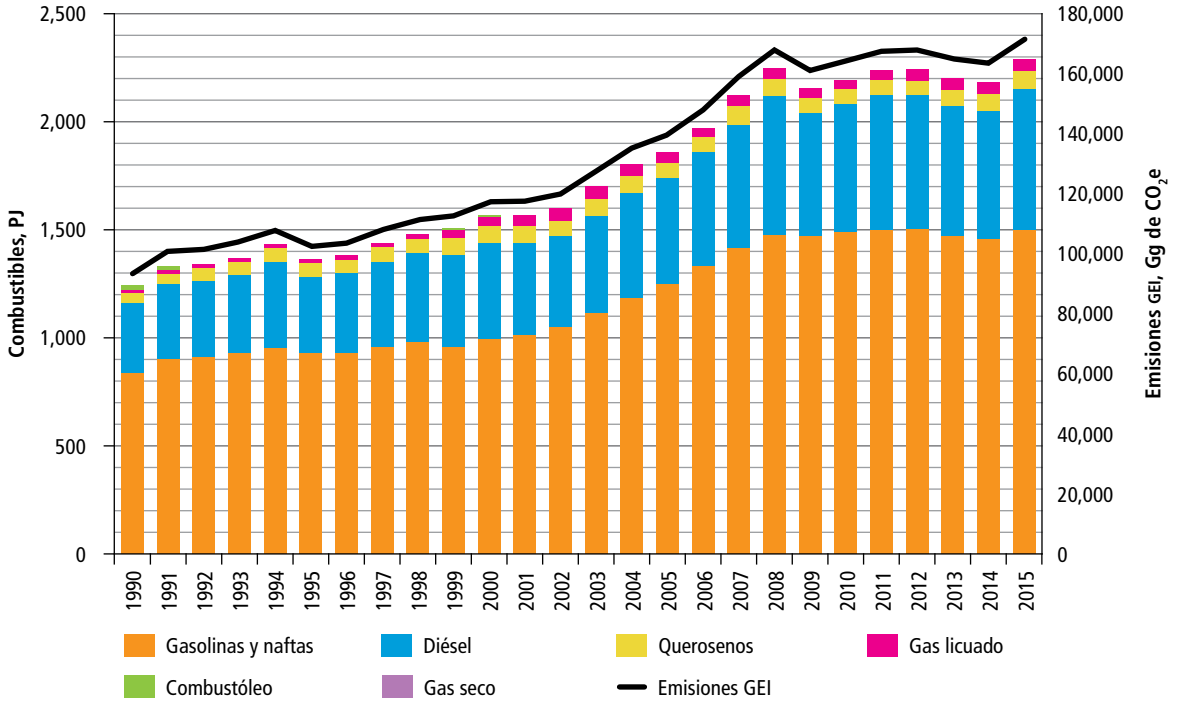
Por su parte, en el periodo 1990-2015, el combustóleo disminuyó en 95% con una TCMA negativa de 11.3%; el diésel aumentó en 101% con una TCMA de 2.82%; el gas licuado aumentó en 248% con una TCMA de 5.12%; el gas seco se incrementó 271% con respecto al 2000 con una TCMA de 9.13%; las gasolinas y naftas aumentaron en 78% con una TCMA de 2.35%, y los querosenos lo hicieron en 93% con una TCMA de 2.67% (véase la **Figura 18**).

Tabla 2.18. **Emisiones por [1A3] Transporte, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[1A3b] Autotransporte	86,078	130,067	154,905	159,944	85.81	19.10	3.25	2.51	3.56	0.64
[1A3a] Aviación civil	3,311	4,934	5,005	6,285	89.82	1.44	25.57	2.6	0.29	4.66
[1A3d] Navegación marítima y fluvial	2,005	2,418	2,218	2,651	32.22	-8.27	19.52	1.12	-1.71	3.63
[1A3c] Ferrocarriles	2,146	1,885	2,097	2,475	15.33	11.25	18.03	0.57	2.15	3.37
Total	93,538	139,304	164,225	171,355	83.19	17.89	4.34	2.45	3.35	0.85

Fuente: INECC, 2018

Figura 2.18. **Consumo energético y emisiones de GEI por [1A3] Transporte (autotransporte, aviación civil, ferrocarriles y navegación marítima y fluvial)**



Caso particular son las emisiones de GEI por el uso de automóviles particulares y de servicio público [1A3b] Autotransporte, que representan 23.42% de las emisiones totales del INEGYCEI (683 $MtCO_2e$); es la principal fuente de emisión de GEI del inventario.

El autotransporte emite CO_2, CH_4 y N_2O por la combustión incompleta, principalmente de gasolina y diésel, así como gas licuado, gas seco y naftas. Las emisiones de CO_2 proceden de la oxidación del carbono de los combustibles durante la combustión. En condiciones óptimas de combustión, el contenido total de carbono de los combustibles debiera convertirse en CO_2. Sin embargo, los procesos reales de combustión no son perfectos y una consecuencia de ello es que se producen pequeñas cantidades de carbono parcialmente oxidado y no oxidado. La mayor parte de esta fracción no oxidada se emite en forma de gases distintos del CO_2, entre ellos el CH_4. Además, los procesos de combustión producen emisiones de N_2O. Las emisiones de N_2O dependen de factores como las prácticas de conducción (como el arranque en frío) y el tipo y antigüedad del catalizador.

En 2015 se generaron 159,944 Gg CO_2e por el autotransporte; de esa cantidad, 98% [±3.93%] correspondieron a CO_2, es decir, 156,754 Gg; el metano alcanzó 318 Gg CO_2e (0.2% [±81.39%], y 2,872 Gg CO_2e fueron de N_2O (1.8% [±108.36%]. Para el periodo 1990-2015, el crecimiento de las emisiones de GEI estimadas en esta fuente fue de 89% con una TCMA de 2.5% (**Figura 2.19**). En el periodo de 2010 al 2015, las emisiones crecieron 3.25% con una TCMA de 0.64%, comparado con el crecimiento de 19.10% con una TCMA de 3.56% durante 2005-2010.

En la subcategoría [1A4] Otros sectores se incluyen las emisiones de GEI procedentes de la combustión en la actividad comercial, residencial y agropecuaria. Durante el periodo 1990-2015, las emisiones de estas fuentes se incrementaron 21% con una TCMA de 0.8%, y se registró una emisión en esta subcategoría de 36,978.11 Gg CO_2e [±2.74%] en el año 2015 (**Figura 2.20**). En la **Tabla 2.19** se presentan las emisiones, porcentaje de crecimiento y TCMA en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

Figura 2.19. **Emisiones de GEI por [1A3b] Autotransporte, 1990-2015**

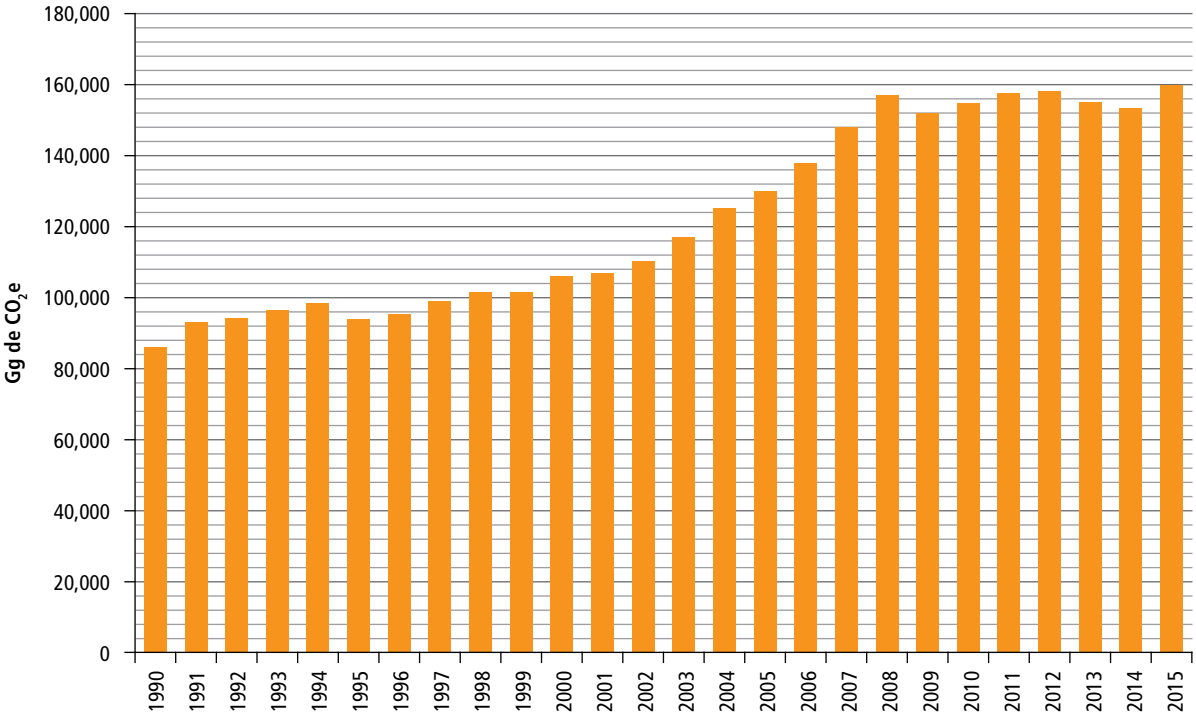


Figura 2.20. Emisiones de GEI por la combustión de fósiles en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015

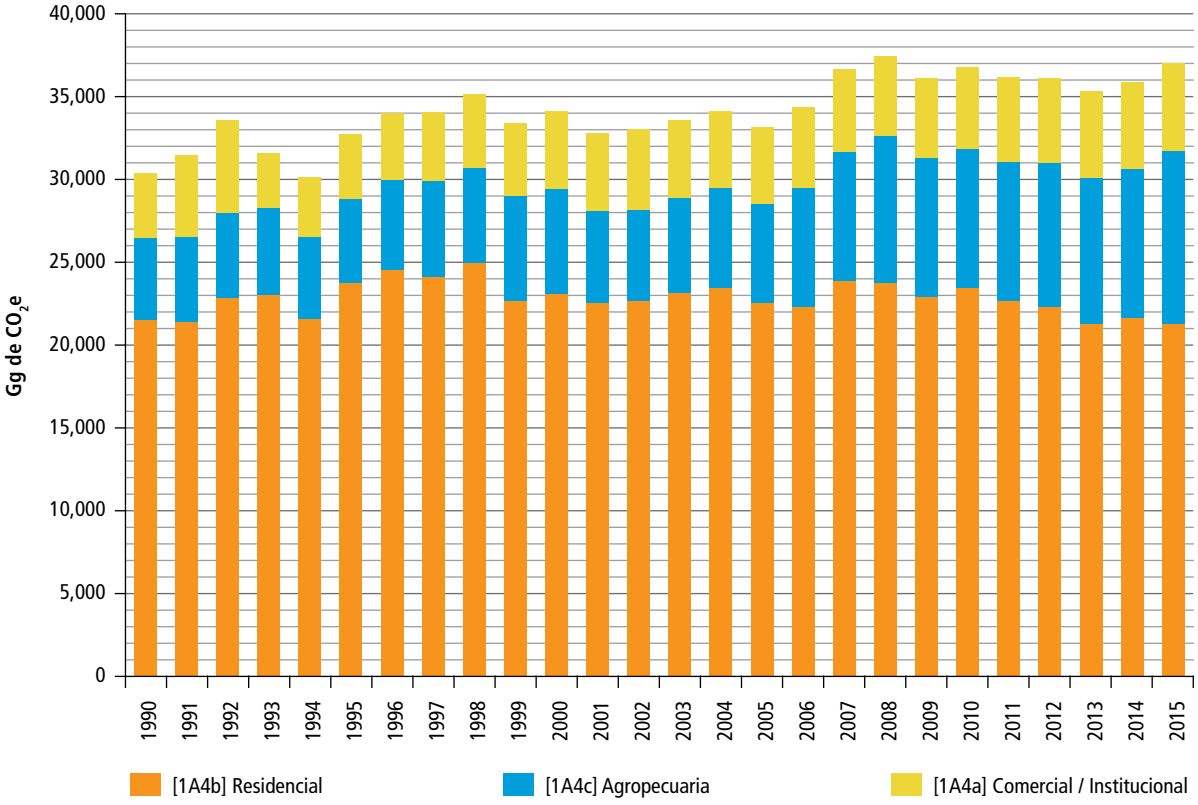


Tabla 2.19. Emisiones en las actividades comercial, residencial y agropecuaria en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
Residencial	21,498.64	22,539.81	23,453.77	21,279.70	-1.02%	4.05%	-9.27%	-0.04%	0.80%	-1.93%
Agropecuaria	4,996.66	6,005.06	8,395.60	10,421.18	108.56%	39.81%	24.13%	2.98%	6.93%	4.42%
Comercial	3,877.13	4,589.46	4,948.02	5,277.24	36.11%	7.81%	6.65%	1.24%	1.52%	1.30%
Total	30,372.44	33,134.33	36,797.38	36,978.11	21.75%	11.06%	0.49%	0.79%	2.12%	0.10%

Fuente: INECC, 2018.

[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles

De acuerdo con el IPCC (2006), estas emisiones involucran el venteo, la quema en antorcha y todas las demás fugitivas (fugas). En esta categoría se incluyen las emisiones fugitivas procedentes de la producción y manejo de [1B1] Combustibles sólidos o [1B2] Petróleo y gas.

Las emisiones fugitivas de la categoría [1B] provenientes de la fabricación de combustibles aumentaron de 1990 a 2015 en 85.12%, con una TCMA del 2.5%, al pasar de 23,994.17 Gg de CO_2e a 44,418.87 Gg de CO_2e [±15.6%] (**Figura 2.21**). En la **Tabla 2.20** se presentan las emisiones, porcentaje de crecimiento y TCMA para los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

La producción en las minas de carbón tuvo un incremento de 18.75% a una TCMA de 1.02%, en el periodo de 1990 a 2007, y entre 2008 y 2011 el incremento alcanzó 118.23% con una TCMA de 29.71 por ciento. En el año 2011 se registró la producción máxima, que después decayó 33.80% en 2015, a una TCMA de -9.80 por ciento. Para mayor detalle de las emisiones de la minería carbonífera y manejo del carbón, véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

En el caso de las emisiones fugitivas de las actividades de petróleo y gas, es importante resaltar que en el periodo 2005-2010 se observó un aumento significativo de las emisiones de GEI por quema en antorcha, siendo 2008 el año con mayores emisiones –originadas por el incremento en la quema de gas asociado en el campo Cantarell de la región marina noreste de PEMEX Exploración y Producción, debido a que, por su elevado contenido de nitrógeno, esta corriente de gas no pudo ser enviada a proceso–. Para mayor detalle de las emisiones por venteo, quema en antorcha y otras fugitivas véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Figura 2.21. **Emisiones de GEI por [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles, 1990-2015**

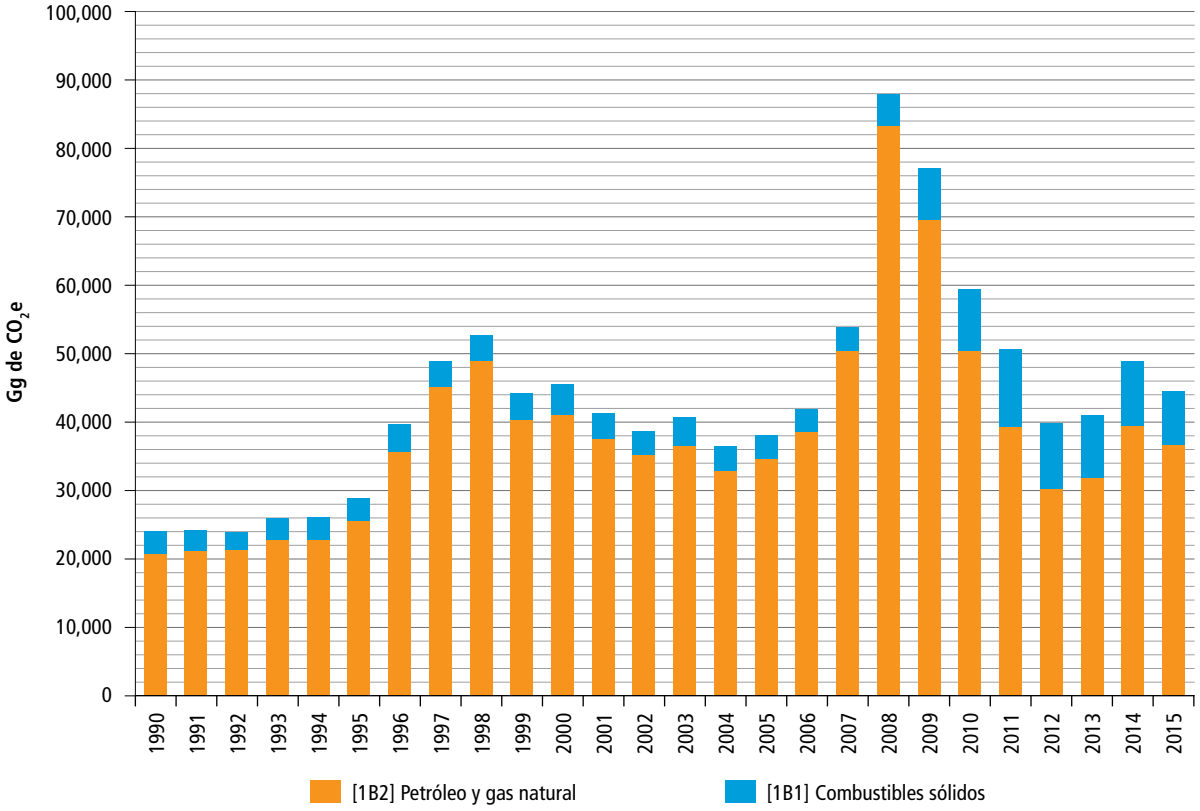


Tabla 2.20. [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[1B1] Combustibles sólidos	3,241.64	3,496.37	8,980.57	7,786.77	140.21%	156.85%	-13.29%	3.57%	20.76%	-2.81%
[1B2] Petróleo y gas natural	20,752.53	34,502.96	50,445.91	36,632.10	76.52%	46.21%	-27.38%	2.30%	7.89%	-6.20%
Total	23,994.17	37,999.32	59,426.48	44,418.87	85.12%	56.39%	-25.25%	2.49%	9.36%	-5.66%

Fuente: INECC y SEMARNAT, 2018.

[2] Procesos industriales y uso de productos

El sector [2] Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés) considera las emisiones generadas por las descargas provenientes de la fabricación de productos que transforman materias por medios químicos o físicos en la industria de los minerales, la química y la de los metales. En algunos casos, los gases de efecto invernadero son producidos o consumidos en productos como los equipos eléctricos, los refrigeradores o en agentes espumantes, donde los gases se fugan. La clasificación del sector IPPU se muestra en la **Tabla 2.21**.

El uso de combustibles fósiles por la combustión en las actividades de la industria se reporta en el sector [1] Energía, para evitar duplicidad en la información acerca de las emisiones. Es decir, en las actividades industriales se han identificado aquellas que usan combustibles como energéticos y que son cuantificadas en el sector Energía, y otras que los usan con otros fines; por ejemplo, como agentes reductores, caso en el cual las emisiones se presentan en el sector IPPU.

De acuerdo con las *Directrices del IPCC* las emisiones de GEI que se estiman en este sector incluyen al dióxido de carbono, el metano (CH_4), el óxido nitroso, los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre.

Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O son generadas por una gran variedad de actividades industriales en las que se transforman materias primas en productos mediante métodos químicos o físicos. Los HFC se utilizan directamente en bienes y artículos de consumo, tales como refrigeradores, espumas, latas de aerosol y extintores, en los que se usan como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). Los PFC se liberan en la producción de aluminio y también pueden utilizarse como sustitutos de las SAO en aplicaciones especializadas.

En el caso de México, los PFC no se consumen como sustitutos de SAO. El SF_6 se emplea como dieléctrico en circuitos eléctricos y como disolvente en algunas industrias.

El sector de Procesos industriales y uso de productos contribuyó con 7.9% de las emisiones del inventario en 2015. Las emisiones de GEI (**Tabla 2.22**) derivadas de los procesos industriales se incremen-

Tabla 2.21. Categorías y subcategorías de Procesos industriales y uso de productos

Categorías	Subcategorías
[2A] Industria de los minerales	[2A1] Producción de cemento [2A2] Producción de cal [2A3] Producción de vidrio [2A4] Otros usos de carbonatos [2A5] Otros
[2B] Industria química	[2B1] Producción de amoniaco [2B2] Producción de ácido nítrico [2B3] Producción de ácido adípico [2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico [2B5] Producción de carburo [2B6] Producción de dióxido de titanio [2B7] Producción de ceniza de sosa [2B8] Producción petroquímica y negro de humo [2B9] Producción fluoroquímica [2B10] Otros
[2C] Industria de los metales	[2C1] Producción de hierro y acero [2C2] Producción de ferroaleaciones [2C3] Producción de aluminio [2C4] Producción de magnesio [2C5] Producción de plomo [2C6] Producción de zinc [2C7] Otros
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	[2D1] Uso de lubricantes [2D2] Uso de la cera de parafina [2D3] Uso de disolventes [2D4] Otros
[2E] Industria electrónica	[2E1] Circuitos integrados o semiconductores [2E2] Pantalla plana tipo TFT [2E3] Células fotovoltaicas [2E4] Fluido de transferencia térmica [2E5] Otros
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	[2F1] Refrigeración y aire acondicionado [2F2] Agentes espumantes [2F3] Protección contra incendios [2F4] Aerosoles [2F5] Disolventes [2F6] Otras aplicaciones
[2G] Manufactura y utilización de otros productos	[2G1] Equipos eléctricos [2G2] SF6 y PFC de otros usos de productos [2G3] N_2O de usos de productos [2G4] Otros
[2H] Otros	[2H1] Industria de la pulpa y el papel [2H2] Industria de la alimentación y las bebidas [2H3] Otros

taron 65.9%, pasando de 32,624.86 Gg de CO_2e en 1990 a 54,111.75 Gg de CO_2e [±13.3%] en 2015 (**Figura 2.22**) con una TCMA de 2 por ciento. Este aumento se debió al crecimiento en la producción de cemento, hierro y acero; y a un aumento significativo en las emisiones de gases fluorados (HFC y SF_6). En el periodo 2010-2015 las emisiones se incrementaron 7.47% con una TCMA de 1.45%, comparado con 21.48% de crecimiento a una TCMA de 3.97% durante 2005-2010.

Como se muestra en la **Figura 2.22** y la **Tabla 2.22**, durante 2015 la industria de los minerales fue la categoría que generó más emisiones de CO_2e, aportando 42% al total de este sector, con una TCMA de 2.2% entre 1990 y 2015.

La segunda categoría que contribuyó con emisiones de GEI en este sector, en 2015, fue la Industria de los metales, con una aportación de 27.2% y una TCMA de 1.5% para el periodo. Entre 2010 y 2015 las emisiones crecieron 11.67% con una TCMA de 2.23, en comparación con 4.06% de crecimiento a una TCMA de 0.8% entre 2005 y 2010.

La industria química participó con 9.5% de las emisiones de GEI en 2015. En el periodo 1990 a 2015 las emisiones de esta categoría disminuyeron 42.4%, con una TCMA negativa de 2.2%, al pasar de 8,890.5 Gg de CO_2e en 1990 a 5,121.51 [±17.5%] Gg de CO_2e en 2015, como resultado de una reducción en la producción de petroquímicos y de amoniaco. En el periodo 2010-2015 las emisio-

Figura 2.22. **Emisiones del sector [2] Procesos industriales y uso de productos, por categoría**

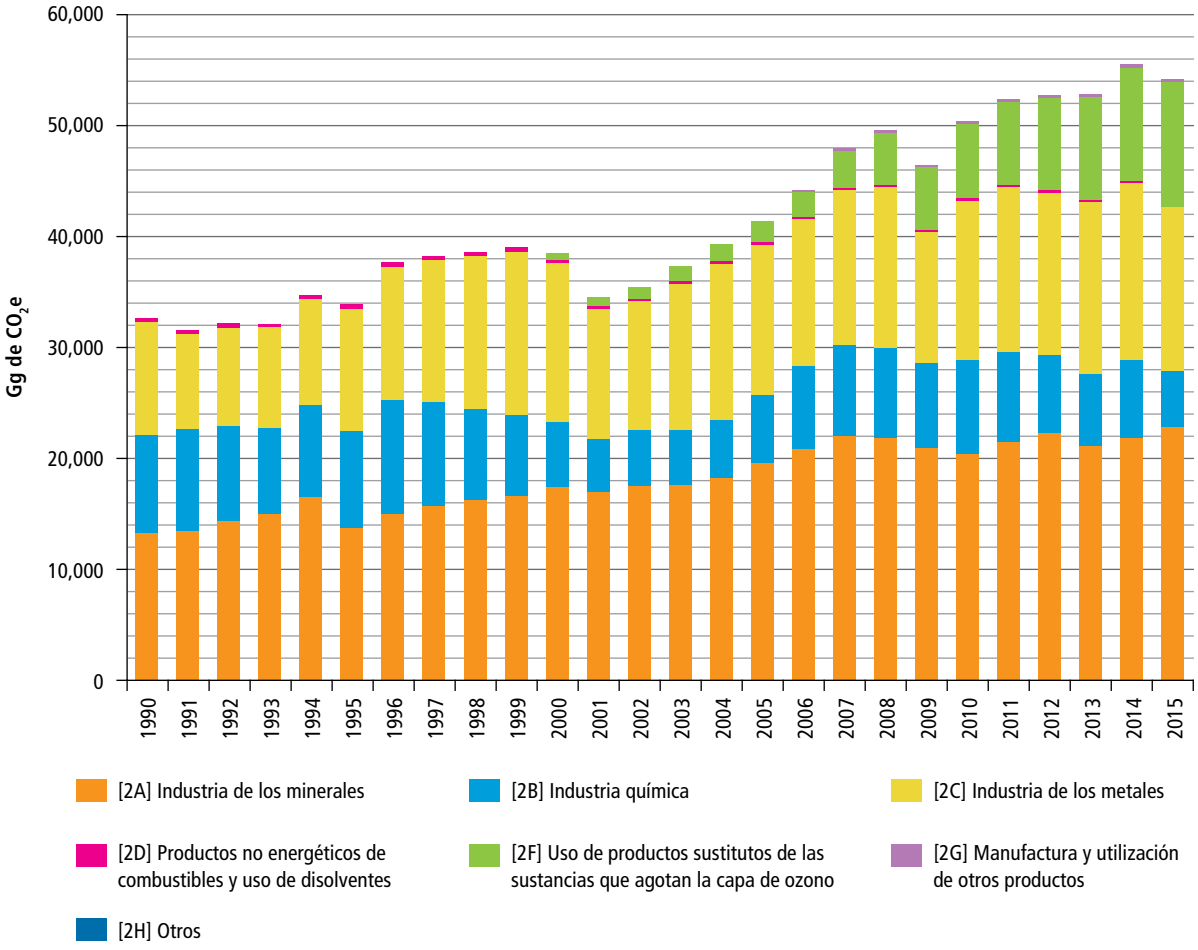


Tabla 2.22. Emisiones en [2] Procesos industriales y uso de productos en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[2A] Industria de los minerales	13,209.09	19,592.04	20,387.63	22,767.27	72.36%	4.06%	11.67%	2.20%	0.80%	2.23%
[2B] Industria química	8,890.50	6,146.47	8,439.18	5,121.51	-42.39%	37.30%	-39.31%	-2.18%	6.55%	-9.51%
[2C] Industria de los metales	10,201.91	13,545.19	14,427.93	14,696.50	44.06%	6.52%	1.86%	1.47%	1.27%	0.37%
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	290.95	203.14	161.79	94.3	-67.59%	-20.36%	-41.71%	-4.41%	-4.45%	-10.23%
[2E] Industria electrónica	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NO	1,768.44	6,733.44	11,179.01	ND	280.76%	66.02%	ND	30.66%	10.67%
[2G] Manufactura y utilización de otros productos	32.41	123.07	157.99	195.25	502.44%	28.37%	23.58%	7.45%	5.12%	4.33%
[2H] Otros	ND	71.58	44.17	57.93	ND	-38.29%	31.15%	ND	-9.20%	5.57%
Total	32,624.86	41,449.95	50,352.12	54,111.76	65.86%	21.48%	7.47%	2.04%	3.97%	1.45%

Fuente: INECC, 2018.

nes decrecieron 39.31% con una TCMA negativa de 9.51%, comparadas con 37.30% de crecimiento a una TCMA de 6.55% durante 2005-2010.

Las emisiones de CH_4 provienen de la producción petroquímica y de negro de humo con 181.5 Gg de CO_2e [±36.9%], con un decremento de 29.5% con respecto a 1990 y una TCMA negativa de 1.4 por ciento.

Las emisiones de N_2O derivadas de la producción de ácido nítrico alcanzaron 508 Gg de CO_2e [±56.6%] con un decremento de 27.8% y una TCMA negativa de 1.3 por ciento. Las derivadas de la producción de caprolactama fueron de 162.9 Gg de CO_2e [±56.6%] con un decremento de 3.8% con respecto a 1990 y una TCMA negativa de 0.2 por ciento.

Las emisiones procedentes del consumo y producción de los HFC, que están asociadas a su uso en diferentes aplicaciones, se incrementaron 1558.78% al pasar de 760.6 Gg de CO_2e en 2000 a 12,616.7 Gg de CO_2e en 2015 (**Figura 2.23**), con una TCMA de 20.60%, como consecuencia de la sustitución de los CFC por los HFC. En 2015 las emisiones de HFC contribuyeron con 23.3% en este sector. El mayor consumo correspondió al HFC-134a, que es empleado principalmente como refrigerante, con un incremento de 927% con respecto a 2000 y una TCMA de 16.8 por ciento. También aumentó de manera

significativa el consumo del HFC-404a –que se utiliza también como agente refrigerante en sistemas comerciales y transporte–, con un incremento de 799% al pasar de 379.1 Gg de CO_2e en 2007, a 3,407.9 Gg de CO_2e en 2015, con una TCMA de 31.6 por ciento.

Las emisiones de PFC son generadas exclusivamente en la producción de aluminio primario como tetrafluorometano (CF_4) y perfluoroetano (C_2F_6). Sólo se cuenta con estimaciones de emisiones de 1990 a 2003, debido a que, a partir de 2004, en México se dejó de producir aluminio primario.

El consumo de SF_6, empleado como aislante en equipos eléctricos, está ligado al crecimiento y modernización de la infraestructura eléctrica del país; el cálculo de sus emisiones considera las etapas del ciclo de vida útil de los equipos instalados en los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Las emisiones de SF_6 contribuyeron con 0.4% del sector en 2015 y correspondieron exclusivamente a las emisiones potenciales de este gas por equipos eléctricos del sistema de distribución eléctrica de la CFE. Las emisiones se incrementaron 502.4%, de 32.4 Gg de CO_2e en 1990 a 195.3 Gg de CO_2e en 2015, con una TCMA de 7.4 por ciento.

En resumen, en 2015 la contribución de las categorías en el sector [2] IPPU fue la siguiente: [2A] Industria de los minerales contribuyó con 42.1%; [2C] Industria de los metales, con 27.2%; [2F] Sustitutos SAO, 20.7%; [2B] Industria química, 9.5%, y las demás categorías con el 0.64% restante (**Figura 2.24**).

Figura 2.23. **Emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC)**

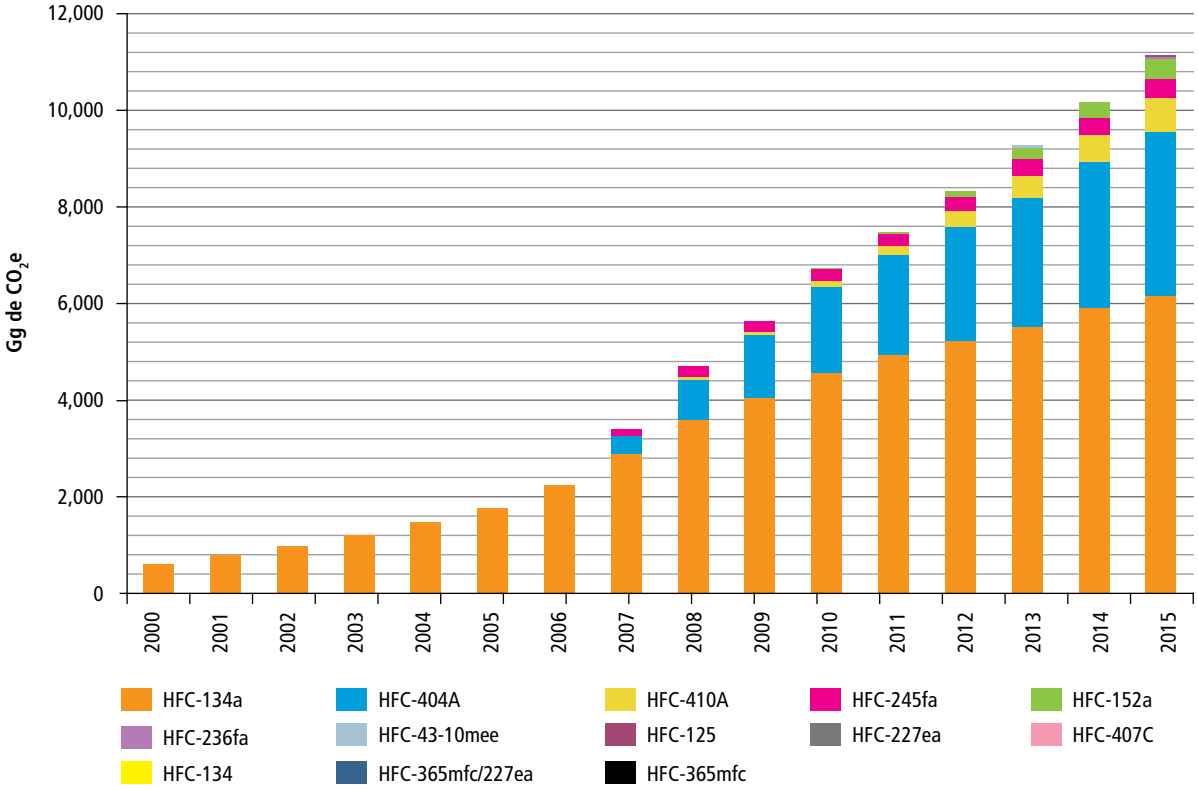
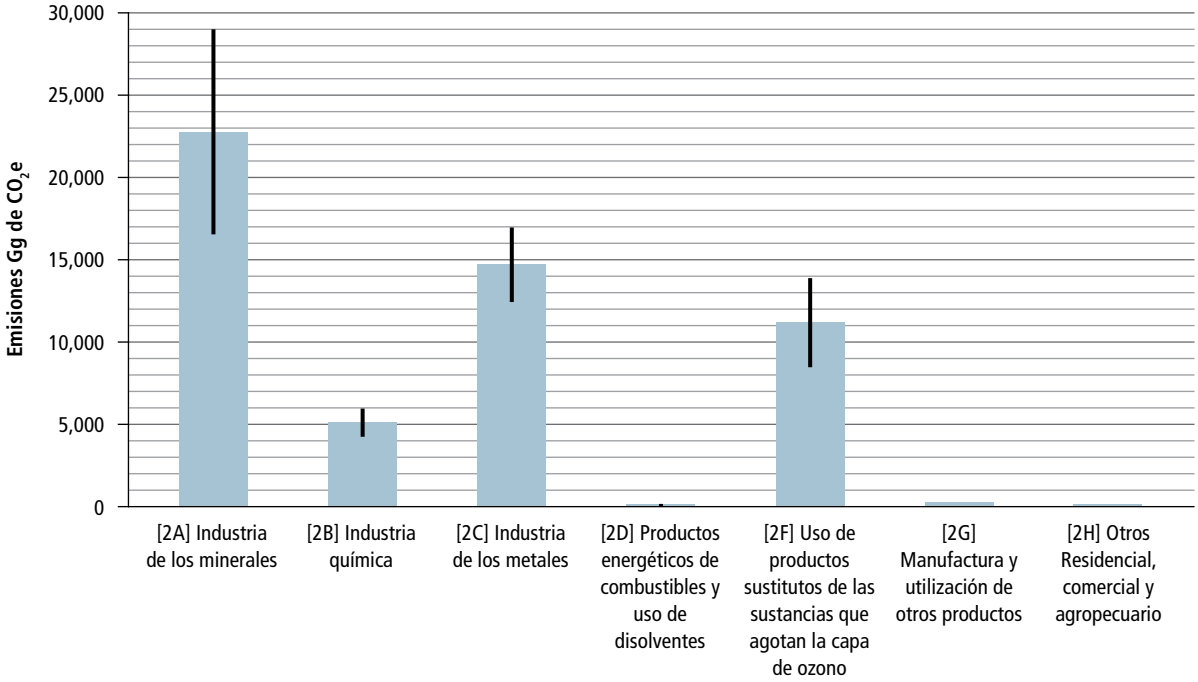


Figura 2.24. **Emisiones de [2] IPPU por categorías y su incertidumbre, 2015**



[2A] Industria de los minerales

En la industria de los minerales se estiman las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y de otros materiales minerales industriales.

Existen dos grandes vías para la liberación de CO_2 a partir de los carbonatos: la calcinación y la liberación de CO_2 inducida por ácidos. El principal proceso que conduce a la liberación de CO_2 es la calcinación de compuestos carbonatados, durante la cual se forma óxido metálico con la aplicación de calor (IPCC, 2006).

En esta categoría se estiman las emisiones procedentes de [2A1] Producción de cemento, [2A2] Producción de cal, [2A3] Producción de vidrio y [2A4] Otros usos de carbonatos. En la **Tabla 2.23** se presentan las emisiones en los periodos de 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

En el caso de la fuente [2A4] Otros usos de carbonatos, no fue posible estimar las emisiones para el periodo 1990-2015 debido a que no se cuenta con estadísticas históricas de la calcinación de caliza y dolomita en la fabricación de cerámicos y de otros productos.

Tabla 2.23. **Emisiones en la industria de los minerales, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[2A1] Producción de cemento	10,735.74	17,045.65	17,770.72	19,159.98	78.47%	4.25%	7.82%	2.34%	0.84%	1.52%
[2A2] Producción de cal	2,166.68	2,516.41	2,887.99	3,086.55	42.46%	14.77%	6.88%	1.43%	2.79%	1.34%
[2A3] Producción de vidrio	306.66	401.89	453.99	520.74	69.81%	12.96%	14.70%	2.14%	2.47%	2.78%

[2B] Industria química

En la industria química se estiman las emisiones de CO_2 generadas por la producción de amoniaco y ceniza de sosa; las emisiones de CH_4 por la producción carburo; las emisiones de N_2O por la producción del ácido nítrico y del caprolactama; y las emisiones de HFC-23 como subproducto de la producción de HCFC-22.

La Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) realizó el estudio "Elementos hacia una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones para la Industria Química en México" (UNDP & ANIQ, 2016), que fue considerado para las estimaciones de la industria química que se indican en la **Tabla 2.24** (véase también el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018)). En dicha tabla se presenta el comparativo de las emisiones de [2B1] Producción de amoniaco, [2B2] Producción de ácido nítrico, [2B4] Producción de caprolactama, [2B6] Producción de dióxido de titanio, [2B7] Producción de ceniza de sosa, [2B8] Producción de petroquímica y negro de humo, [2B9] Producción fluoroquímica, en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

Tabla 2.24. Emisiones en la [2B] Industria química en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[2B1] Producción de amoniaco	4,593.20	896.48	1,568.54	1,004.21	-78.14	74.97	-35.98	-5.90	11.84	-8.53
[2B2] Producción de ácido nítrico	703.58	149.92	508.01	508.01	-27.80	238.85	0.00	-1.29	27.64	0.00
[2B3] Producción de ácido adípico	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
[2B4] Producción de caprolactama	169.34	186.15	183.39	162.89	-3.81	5.91	-16.13	-0.16	1.15	-3.46
[2B5] Producción de carburo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
[2B6] Producción de dióxido de titanio	87.83	183.58	195.92	207.8	136.59	6.72	6.06	3.50	1.31	1.18
[2B7] Producción de ceniza de sosa	60.72	40.02	40.02	40.02	-34.09	0.00	0.00	-1.65	0.00	0.00
[2B8] Producción de petroquímica y negro de humo	2,515.21	2,035.05	2,125.35	1,760.85	-29.99	4.44	-17.15	-1.42	0.87	-3.69
Negro de humo	328.44	303.5	319.32	261.47	-20.39	5.21	-18.12	-0.91	1.02	-3.92
Metanol	69.76	26.9	5.28	53.33	-23.55	-80.37	910.04	-1.07	-27.79	58.81
Etileno	1,661.62	1,316.01	1,365.60	1,111.84	-33.09	3.77	-18.58	-1.59	0.74	-4.03
Óxido de etileno	189.11	228.62	265.63	240.82	27.34	16.19	-9.34	0.97	3.05	-1.94
Dicloruro de etileno	77.25	51.05	60.06	0	-100.00	17.65	-100.00	-100.00	3.30	-100.00
Monómero cloruro de vinilo	66.14	45.58	53.71	46.56	-29.60	17.84	-13.31	-1.39	3.34	-2.82
Acrilonitrilo	122.89	63.39	55.75	46.83	-61.89	-12.05	-16.00	-3.79	-2.54	-3.43
[2B9] Producción fluoroquímica	760.64	2,655.27	3,817.94	1,437.73	89.02	43.79	-62.34	2.58	7.53	-17.74
Total	8,890.52	6,146.47	8,439.17	5,121.51	-42.39	37.30	-39.31	-2.18	6.55	-9.51

NO: no observado.

La producción de amoniaco requiere una fuente de nitrógeno y una de hidrógeno. El nitrógeno se obtiene del aire mediante la destilación del aire líquido o a través de un proceso de oxidación en el cual se quema aire y se recupera nitrógeno residual. La mayor parte del amoniaco se obtiene del gas natural, aunque puede obtenerse de otros hidrocarburos y agua. El contenido de carbono del hidrocarburo se elimina del proceso en la etapa primaria de reformado al vapor y en la etapa de conversión en dióxido de carbono por desplazamiento, que es la principal emisión potencial de gas de efecto invernadero (IPCC, 2006).

Durante la producción de ácido nítrico se genera óxido nitroso (N_2O) como un producto derivado no intencional de la oxidación catalítica a altas temperaturas del amoniaco. La cantidad de N_2O que se forma depende, entre otros factores, de las condiciones de combustión (presión, temperatura), de la composición y envejecimiento del catalizador y del diseño del quemador (IPCC, 2006).

La producción anual de caprolactama se usa principalmente para la fabricación de fibras de nailon. Los procesos comerciales de fabricación de caprolactama se basan en el tolueno o en el benceno.

El dióxido de titanio (TiO_2) se utiliza en la fabricación de pinturas, papel, plásticos, gomas, cerámicas, tejidos, revestimientos de pisos, tinta de imprenta y otros usos varios. Durante los procesos para la producción de TiO_2, como la producción de escoria de titanio en hornos eléctricos, la producción de rutilo sintético mediante el proceso de Becher y la producción de TiO_2 rutilo por la vía del cloruro, se llegan a generan emisiones de gases de efecto invernadero.

La ceniza de sosa se usa como materia prima en la industria del vidrio, jabón y detergentes, producción de pulpa y papel y el tratamiento de aguas. Durante el proceso de producción, la trona (el mineral principal del cual se extrae la ceniza de sosa natural) se calcina en un horno rotatorio a altas temperaturas y se transforma químicamente en ceniza de sosa cruda. En este proceso se generan dióxido de carbono y agua, como productos derivados.

La industria petroquímica utiliza combustibles fósiles o productos de refinería de petróleo como insumo a procesos. Se estiman las emisiones provenientes de la producción de metanol, etileno y propileno, dicloruro de etileno, óxido de etileno y acrilonitrilo. Por su parte, el negro de humo no es considerado un producto petroquímico; sin embargo, utiliza sustancias petroquímicas para su proceso (IPCC, 2006).

Se estima la emisión del trifluorometano (HFC-23) derivado de la producción del clorodifluorometano (HCFC-22).

Por la categoría [2B] de la Industria química, en 2015 se generaron 5,121.51 Gg de CO_2e, mientras que en 1990 las emisiones estimadas de esta categoría fueron 8,890.52Gg de CO_2e; representando un decremento de -42.39% en este periodo con una TCMA de -2.18 por ciento. En el periodo 2005-2010 las emisiones crecieron 37.30% con una TCMA de 6.55%, en comparación al periodo 2010-2015 que decrecieron -37.30% a una TCMA de -9.51%.

[2C] Industria de metales

En la producción de hierro y acero se estiman las emisiones generadas por: la producción de coque metalúrgico, el sinterizado, la producción de pellets y fabricación de hierro y acero. El proceso principal se desarrolla, para el caso de México, en una instalación integrada, que incluye típicamente los altos hornos y los convertidores al oxígeno para la fabricación de acero, los hornos de reverbero o los hornos de arco eléctrico (IPCC *et al.,* 2006). La producción de coque metalúrgico se explica en la sección de industrias de la energía [1A1] en el sector de [1] Energía (**Tabla 2.25**). La producción de hierro y acero genera emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O. El IPCC (2006) sugiere estimar sólo las de CO_2 y CH_4.

La fabricación de ferroaleación se refiere a las aleaciones de hierro con uno o más metales, tales como silicio, manganeso, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno. En su producción se generan emisiones de CO_2 para la producción de ferromanganeso y silicomanganeso (IPCC, 2006).

En la producción de aluminio se estiman las emisiones de proceso generadas por la producción primaria de aluminio. En el ámbito mundial, el aluminio primario se produce exclusivamente mediante el

proceso electrolítico Hall-Heroult. El proceso se puede llevar a cabo con cuatro tipos de tecnología: 1) de ánodo precocido central, 2) de ánodo de precocido lateral, 3) Söderberg de barra horizontal y 4) Söderberg a barra vertical. Por la producción de aluminio primario se producen emisiones de CO_2 y PFC (IPCC, 2006).

En México, la producción de aluminio primario se dio mediante este proceso hasta 2003, año en que se suspendió su producción.

La producción de plomo se puede realizar a través de dos procesos: por sinterización, que consiste en etapas secuenciales de sinterización y fundición, y por fundición directa. Ambos emiten CO_2 (IPCC, 2006).

La producción de zinc se realiza a través de tres métodos: el de destilación electrotérmica, el pirometalúrgico, que implica el uso de un horno Imperial Smelting, y el electrolítico. Los tres generan emisiones de CO_2 (IPCC, 2006).

En 2015 se generaron en total 14,696.50 Gg de CO_2e. En 1990 las emisiones de CO_2e estimadas de esta categoría fueron 10,201.92 Gg de CO_2e, por lo que en el periodo 1990-2015 se dio un incremento de 44.06%, con una TCMA de 1.47 por ciento. Respecto al periodo 2005-2010 la emisiones crecieron 6.52% con una TCMA de 1.27%, en comparación al periodo 2010-2015 que las emisiones crecieron 1.86% con una TCMA de 0.37%.

Tabla 2.25. Emisiones en la [2C] Industria de los metales 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[2C1] Producción de hierro y acero	8,666.78	12,390.42	13,054.07	12,922.69	49.11%	5.36%	-1.01%	1.61%	1.05%	-0.20%
[2C2] Producción de ferroaleaciones	341.19	265.64	293.58	283.4	-16.94%	10.52%	-3.47%	-0.74%	2.02%	-0.70%
[2C3] Producción de aluminio	541.97	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
[2C4] Producción de magnesio	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
[2C5] Producción de plomo	97.3	69.88	99.87	137.16	40.97%	42.92%	37.34%	1.38%	7.40%	6.55%
[2C6] Producción de zinc	554.68	819.25	980.41	1,353.25	143.97%	19.67%	38.03%	3.63%	3.66%	6.66%
Total	10,201.92	13,545.19	14,427.93	14,696.50	44.06%	6.52%	1.86%	1.47%	1.27%	0.37%

NO: no ocurre.

[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes

Los productos considerados en esta categoría son combustibles fósiles con fines primarios, tales como lubricantes, ceras de parafina, alquitrán y/o asfalto y disolventes. El uso de estos productos genera emisiones de CO_2; los productos energéticos aquí estimados son los lubricantes y las ceras parafinas (IPCC., 2006). Para mayor información de la metodología del cálculo de las emisiones, véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

En 2015 se generaron 94.3 Gg de CO_2 [±42.3%]. En 1990 las emisiones estimadas de esta subcategoría fueron 290.95 Gg de CO_2; representando un decremento del 67.1% en las emisiones de CO_2 en el periodo 1990-2015, con una TCMA negativa de 4.4 por ciento. En la **Tabla 2.26** se presentan las emisiones, el porcentaje de crecimiento y la TCMA en los periodos de 1990-2015, 2005-2010 y 2010 y 2015.

Tabla 2.26. Comparación de las emisiones de [2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	290.95	203.14	161.79	94.3	-67.59%	-20.36%	-41.71%	-4.41%	-4.45%	-10.23%

[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono

Los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) han sido usados como sustancias que sustituyen a los clorofluorocarbonos (CFC) que agotan la capa de ozono y que, por ello, están siendo retirados para dar cumplimiento al Protocolo de Montreal.

Los HFC y PFC están contenidos en equipos y productos, por lo que se analizan las fugas de dichos gases que ocurren a lo largo de su vida útil. Esos gases se usan en la refrigeración y aires acondicionados, en extintores para la protección contra incendios, en aerosoles, en limpieza con disolventes, en agentes espumantes y otras aplicaciones.

En las aplicaciones como las espumas rígidas y las de refrigeración, el uso de los HFC conduce al desarrollo de bancos de materiales de larga duración, ya que el gas fuga gradualmente en un lapso de años, lo cual requiere información de fabricación, ventas, cargas y retiros de equipos para su contabilización anual. Por otro lado, las emisiones en los aerosoles ocurren en periodos cortos (uno o dos años), y por ello se consideran como emisiones rápidas (IPCC, 2006).

En la categoría [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, en 2015 se generaron 11,179.01 Gg de CO_2e [±24.1%]. En 2000 las emisiones estimadas de esta categoría fueron 599.12 Gg de CO_2e; es decir, hubo un incremento de 1765.9% en las emisiones de CO_2e en el periodo 2000-2015, con una TCMA de 21.5 por ciento. En la **Tabla 2.27** se presentan las emisiones, porcentaje de crecimiento y TCMA en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010 y 2015.

En refrigeración y aire acondicionado se clasifican en este inventario los *splits* o los dispositivos utilizados en hogares y comercios; los enfriadores de aire; los aires acondicionados para automóviles, y los refrigeradores que están cargados con HFC o una mezcla de gases.

Los agentes espumantes se clasifican en espumas de celdas abiertas o cerradas. En el primer caso las emisiones de HFC tienden a ocurrir durante el proceso de fabricación e inmediatamente después; en el proceso de celdas cerradas, la mayor parte de las emisiones se extiende durante la vida útil del producto y antes de su disposición final. En México, los agentes espumantes se utilizan principalmente para espumas rígidas y poliuretano extruido (XPS) o de poliuretano (PU). Ambos típicamente se consideran del tipo celda cerrada. En este caso, las emisiones se extienden a la fase de espuma en uso y pueden ocurrir ocasionalmente en un periodo de 50 años.

Los equipos contra incendios que usan HFC o PFC se utilizan como sustituto de los halones de los equipos portátiles y fijos. En el caso de México sólo se estiman emisiones de HFC de estos equipos.

Los HFC y PFC pueden usarse como propulsores en los contenedores de aerosoles. Sus emisiones ocurren por lo general poco después de su producción y durante su uso se considera que el 100% es emitido a la atmósfera. En este inventario sólo se estiman las emisiones de HFC.

Los disolventes se encuentran en aplicaciones de limpieza de precisión, al igual que para electrónica y metales, o en aplicaciones de deposición.

Tabla 2.27. Emisiones del [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, 2000-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	2000	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				2000-2015	2005-2010	2010-2015	2000-2015	2005-2010	2010-2015
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado (RAC)	599.12	1,768.44	6,209.19	9,888.63	1550.53	251.11	59.26	20.55	28.55	9.75
[2F2] Agentes espumantes	NO	NO	236.55	420.55	NO	NO	77.78	NO	NO	12.20
[2F3] Protección contra incendios	NO	NO	1.51	79.63	NO	NO	5173.51	NO	NO	121.01
[2F4] Aerosoles	NO	NO	286.19	781.86	NO	NO	173.20	NO	NO	22.26
[2F5] Disolventes*	NO	NO	NE	8.33	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	599.12	1,768.44	6,733.44	11,179.01	1765.90	280.76	66.02	21.54	30.66	10.67

NE: no estimado.

* Se estimaron solamente los años 2012 a 2015. En 2012, las emisiones estimadas de esta subcategoría fueron 12.11 Gg de CO_2e, representando un decremento de 173.2% en las emisiones de CO_2e en el periodo 2012-2015, con una TCMA negativa de-11.7%.

[2G] Manufactura y utilización de otros productos

En esta categoría, conforme a la metodología del IPCC 2006, se analizan las emisiones de SF_6, PFC y N_2O que fueron incorporados a productos para explotar una o varias de las propiedades físicas de la sustancia química, como la elevada constante dieléctrica del SF_6, la estabilidad del PFC y los efectos anestésicos del N_2O. En este inventario sólo se analiza el SF_6 integrado en los equipos eléctricos de la Comisión Federal de Electricidad, paraestatal que posee la mayor infraestructura de transmisión y distribución eléctrica del país.

El hexafluoruro de azufre se emplea como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. Las emisiones se producen en cada etapa del ciclo de vida útil de los equipos, incluida la fabricación, la instalación, el uso, el mantenimiento y la eliminación (IPCC, 2006).

En 2015 se generaron 195.5 Gg de CO_2e [±3.9%]. En 1990 las emisiones estimadas de esta subcategoría fueron 32.41 Gg de CO_2e. El incremento fue de 502.4% en las emisiones de CO_2e en el periodo 1990-2015, con una TCMA de 7.4%.

Tabla 2.28. **[2G] Emisiones de SF_6 en equipos eléctricos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Actividad	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[2G1] Equipos eléctricos	32.41	123.07	157.99	195.25	502.44	28.37	23.58	7.45	5.12	4.33

[2H] Otros

La fuente de emisión [2H1] Industria de la pulpa y el papel puede generar emisiones de CO_2. El IPCC 2006 no da orientación de cómo evaluar esta emisión. En México se desarrolló una herramienta para la estimación de gases de efecto invernadero para el sector productivo de celulosa y papel (SEMARNAT, 2006), la cual se usó en este inventario. En la **Tabla 2.29** se presentan las emisiones, así como el incremento y la TCMA en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015.

En la producción de [2H1] pulpa y papel se emitieron 39.2 Gg de CO_2e en el año 2000, que se incrementaron 47.78% en el 2015, alcanzando 57.93 Gg de CO_2e. En el periodo 2005-2010, las emisiones decrecieron en -38.29% con una TCMA de -9.20%, en comparación al periodo 2010-2015 que crecieron 31.15% con una TCMA de 5.57%.

Tabla 2.29. **Emisiones en la [2H1] Producción de la pulpa y el papel 2000-2015, 2005-2010 y 2010-2015**

Fuente de emisión	2000	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				2000-2015	2005-2010	2010-2015	2000-2015	2005-2010	2010-2015
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	39.2	71.58	44.17	57.93	47.78%	-38.29%	31.15%	2.64%	-9.20%	5.57%

[3] AFOLU[14]

Los gases de efecto invernadero contabilizados en este sector son el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso. Las absorciones de CO_2 se deben a la fotosíntesis de las plantas, y las emisiones de CO_2 se deben a la respiración (no considerada por el IPCC), la descomposición y la combustión de materia orgánica. El N_2O se emite a través de los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación. El CH_4 se origina por la metanogénesis, proceso biológico que forma parte de la fermentación entérica y el manejo anaeróbico de las excretas, así como por la combustión incompleta de la materia orgánica. La formación de gases de efecto invernadero a partir de compuestos precursores se considera una emisión indirecta, que se asocia a procesos como la volatilización y la lixiviación de compuestos de nitrógeno de los suelos (IPCC, 2006).

Se incluyen las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades agropecuarias y forestales de las tierras en las que ha habido intervención humana. Los métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para el sector AFOLU, de acuerdo con el IPCC (2006) incluyen:

- emisiones de CH_4 generadas por la fermentación entérica en el ganado;
- emisiones de CH_4 y N_2O de los sistemas de gestión del estiércol;
- emisiones y absorciones de CO_2 resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta y suelos minerales, para todas las tierras gestionadas;
- emisiones de CO_2 y no CO_2 producidas por incendios en todas las tierras gestionadas;
- emisiones de N_2O de todas las tierras gestionadas;
- emisiones de CO_2 relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas;
- emisiones de CH_4 del cultivo de arroz;
- emisiones de CO_2 y N_2O de las tierras de cultivo orgánico;
- emisiones de CO_2 y N_2O de humedales gestionados, y
- el cambio en las existencias de carbono relacionado con los productos de madera recolectada.

En esta sección se presentan las emisiones y absorciones de GEI resultantes de las actividades anteriormente señaladas. Para mayor detalle de los aspectos metodológicos, puede consultarse el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

El sector AFOLU presentó en 2015 un balance de -46,286.57 Gg de CO_2e [±76.10%]. De esa cantidad, las emisiones de la categoría [3A] Ganado fueron 70,567.60 Gg de CO_2e [±4.78%]; las emisiones de la categoría [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra, 31,491.90 Gg de CO_2e [±63.19%], y las absorciones que corresponden a la categoría [3B] Tierra representaron -148,346.07 Gg de CO_2e [±19.46%]. Las emisiones históricas se presentan en la **Figura 2.25**.

La categoría de [3B] Tierra muestra absorciones de CO_2 en el país, y por lo tanto el sector [3] AFOLU presenta emisiones netas con magnitud negativa, es decir, el sector es un sumidero de carbono. Para un mejor entendimiento del comportamiento de las emisiones y absorciones se analizan los resultados de las emisiones de AFOLU con y sin los resultados de [3B] Tierra. Así, en 2015 (**Figura 2.26**), al excluir los resultados de la categoría [3B] Tierra, las emisiones de AFOLU son del orden de 102,059.50 Gg de CO_2e.

[14] Siglas de *Agriculture, Forestry, and Other Land Use* (Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra).

Figura 2.25. **Emisiones del sector [3] AFOLU, 1990-2015**

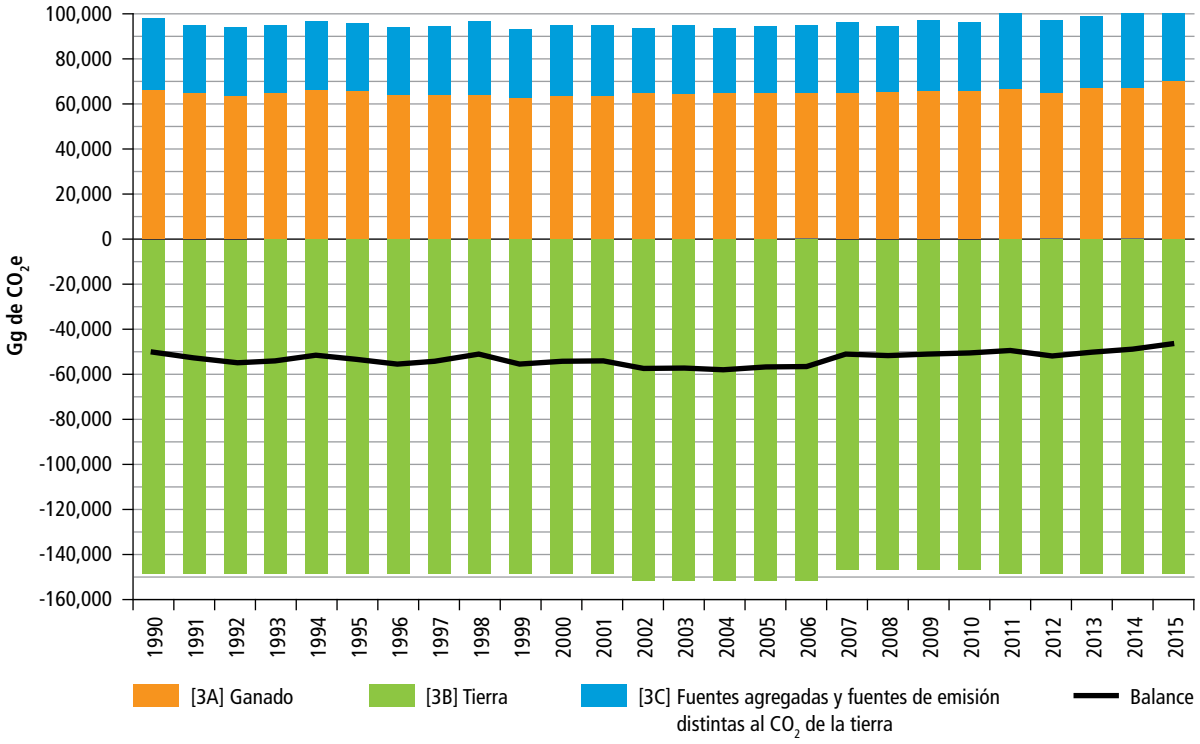
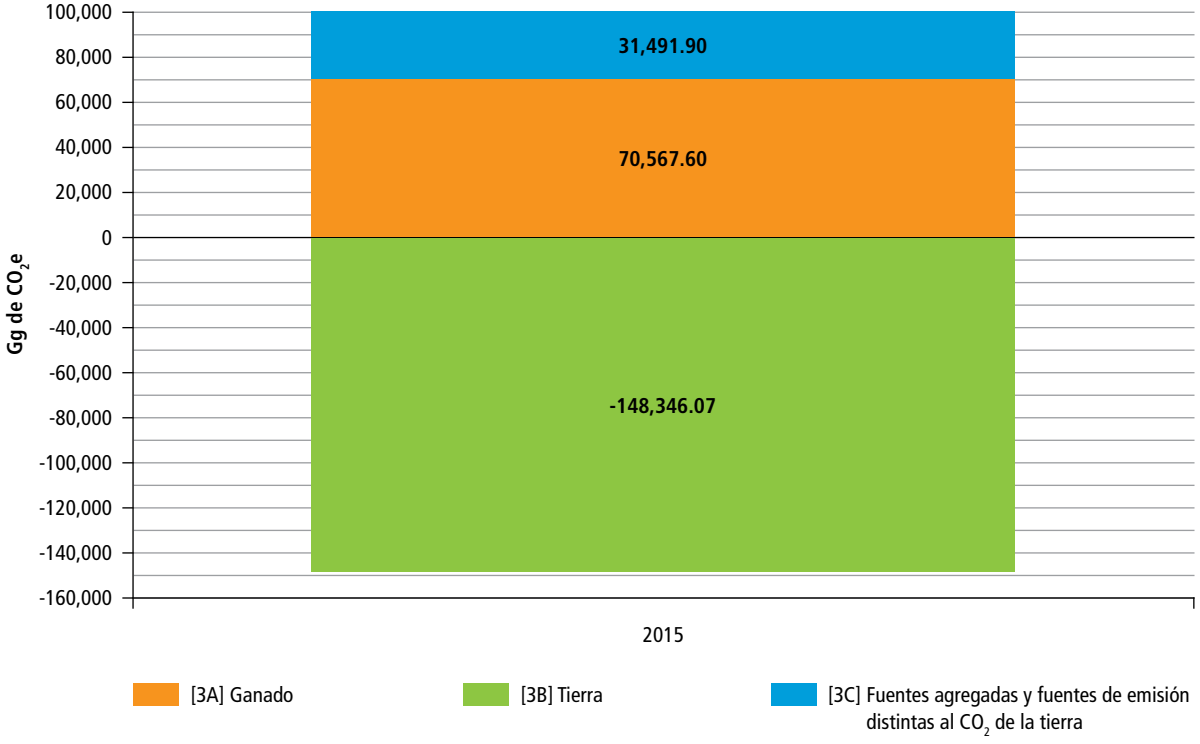


Figura 2.26. **Emisiones del sector [3] AFOLU, 2015**



[3A] Ganado

En esta categoría se reportan las emisiones de GEI producidas durante las actividades pecuarias. Los GEI contabilizados en esta categoría son el metano generado en [3A1] Fermentación entérica, y el metano y el N_2O producidos durante [3A2] Manejo de excretas del ganado.

Las emisiones de GEI de la categoría [3A] Ganado en México, en 2015, fueron de 70,567.60 Gg de CO_2e [±4.78%]. De esta cantidad, 76% correspondió a la subcategoría [3A1] Fermentación entérica, que aportó 53,442.72 Gg de CO_2e [±6.11%], mientras que la subcategoría [3A2] Manejo de excretas representó 24% de las emisiones de la categoría aportando 17,124.88 Gg de CO_2e [±4.96%]. En cuanto a la contribución por fuentes de emisión, la distribución de las emisiones ubica a los bovinos como el mayor emisor de la categoría con 89.25%, seguidos por los porcinos, con 7.33%, y por ovinos y caprinos, con 1.78% cada una. La producción de aves de corral (huevo y carne) aportó 0.79%, y los caballos, mulas y asnos en conjunto aportaron 0.85% de las emisiones.

La serie histórica para el periodo 1990-2015 de las emisiones de GEI provenientes de la ganadería en México se muestra en la **Figura 2.27**. Se observa que las emisiones en el año 1990 se ubicaron en 66,494.18 Gg de CO_2e con una tendencia creciente de las emisiones entre 1990 y 2015, con un incremento de 6.12% en las emisiones de GEI. En el periodo 2005-2010 se incrementaron 2.96% con una TCMA de 0.59%, en comparación con el crecimiento de 6.22% con una TCMA de 1.21% durante el periodo 2010-2015.

En esta subcategoría de [3A1] Fermentación entérica se reporta el CH_4 proveniente de los procesos metabólicos de la digestión de los carbohidratos contenidos en el alimento de los bovinos especializados en la producción de leche; los de la producción de carne y doble propósito; cerdos; ovinos; caprinos, y caballos, mulas y asnos del país, siendo los bovinos la principal fuente de CH_4 con 93.79% de las emisiones en esta subcategoría (véase también el INEGYCEI, (INECC y SEMARNAT, 2018).

En el periodo de 1990 a 2015, las emisiones se incrementaron 1.33% con una TCMA de 0.05 por ciento. Por otro lado, las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un incremento de 3.25% con una TCMA de 0.64%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 3.88 con una TCMA de 0.76% durante el periodo 2005-2010 (**Tabla 2.30**).

Por otro lado, en la subcategoría [3A2] Gestión del estiércol se incluyen las emisiones de CH_4 y N_2O resultado del manejo de las excretas de las diferentes especies animales. En esta actualización del INEGYCEI se utilizaron once tipos de manejo de excretas (véase el **Anexo D** [3A] Ganado del INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018). En el periodo de 1990 a 2015 las emisiones se incrementaron 1.33% con una TCMA de 0.05 por ciento. Por otro lado, las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un incremento de 3.25% con una TCMA de 0.64%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 3.88% con una TCMA de 0.76% del periodo 2005-2010 (véase la **Tabla 2.30**).

Tabla 2.30. Emisiones por el [3A] Ganado, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	2000	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[3A] Ganado	66,494.18	64,522.57	66,434.99	70,567.60	6.13%	2.96%	6.22%	0.24%	0.59%	1.21%
[3A1] Fermentación entérica	52,743.70	49,827.95	51,761.08	53,442.72	1.33%	3.88%	3.25%	0.05%	0.76%	0.64%
[3A2] Gestión de estiércol	13,750.48	14,694.62	14,673.91	17,124.88	24.54%	-0.14%	16.70%	0.88%	-0.03%	3.14%

Figura 2.27. **Serie histórica de las emisiones de gases de efecto invernadero de la [3A] Ganadería en México, 1990-2015**

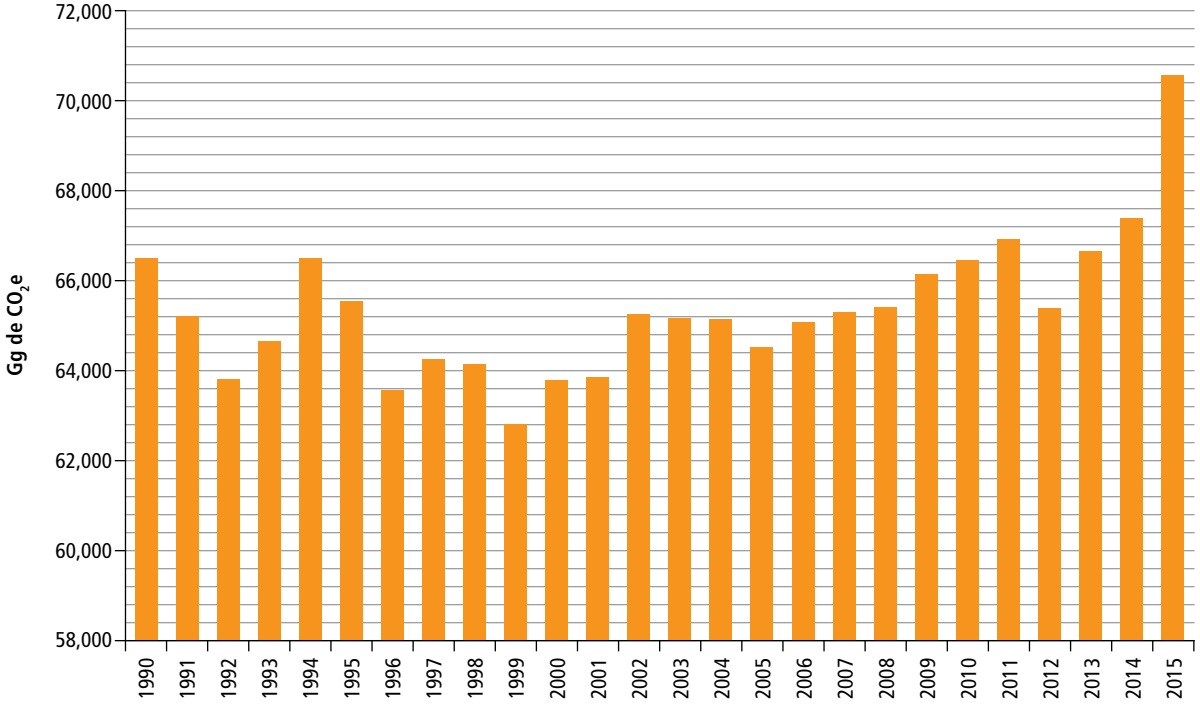
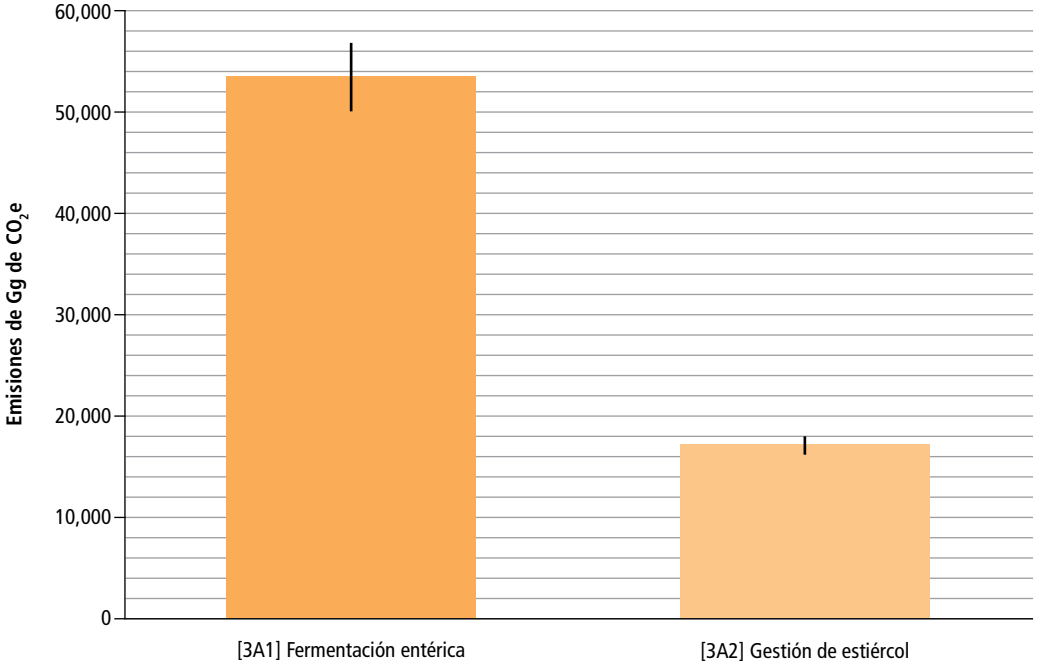


Figura 2.28. **Emisiones e incertidumbres de las subcategorías [3A1] Fermentación entérica y [3A2] Gestión de estiércol, 2015**



[3B] Tierra

Para la elaboración del presente Inventario en la categoría [3B] Tierra se trabajó de manera coordinada con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se formaron grupos de trabajo en los que también participó el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Esta categoría tiene particularidades, dada la complejidad de la dinámica de los ecosistemas. Por ello, para estimar las existencias de carbono y la emisión y absorción de los gases de efecto invernadero asociadas a la categoría [3B] Tierra se requiere de información de la clasificación de vegetación, datos de la superficie y dinámica de cambios de las diferentes categorías de usos de la tierra (IPCC, 2006). Así, para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI se generaron datos de actividad y factores de emisión propios para México. Los detalles de este proceso se encuentran en el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

En esta categoría, se reportan los flujos de CO_2 asociados a las tierras gestionadas y cambios de uso de suelo, contabilizando las emisiones y absorciones por esos cambios, así como las emisiones por degradación y absorciones por las permanencias y recuperación de tierras. Las emisiones de CH_4 y N_2O de los incendios forestales y praderas se reportan en la categoría [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra.

La categoría de Tierra absorbe CO_2, lo cual la convierte en un sumidero y por lo tanto en una actividad relevante por su potencial de mitigación. Sin embargo, también hay emisiones debido a los cambios de uso de suelo particularmente por la pérdida de tierras forestales y de praderas.

En 2015 el balance de GEI de esta categoría fue de -148,346.07 Gg de CO_2 [±19%]. De ese total las tierras forestales (incluyendo las permanencias y los cambios de tierra hacia tierras forestales) contribuyeron con -139,970 Gg de CO_2e, representando el 94% del total de esta categoría. Las emisiones netas del año base 1990 fueron de 148,266 Gg de CO_2 lo que representa un aumento de 0.05% en las emisiones de GEI entre 1990 y 2015, con una TCMA de 0.002% (**Tabla 2.31**). En este sentido se aprecia que la absorción por el incremento de la biomasa se mantiene estable en el tiempo, particularmente por la permanencia de tierras forestales, mientras que la absorción de las tierras convertidas en tierras forestales presenta una disminución importante de 65.76% con una TCMA negativa de 4.20%, entre 1990 y 2015.

Los resultados se presentan en términos de permanencias y conversión de tierras en la **Tabla 2.31**. Se observa que las emisiones por las conversiones de las tierras en 2015 son de 18,797 Gg de CO_2 y representan un aumento de 33.22% con una TCMA de 1.15% con respecto a los cambios de uso de suelo de 1990. En relación al periodo 2010 y 2015, las emisiones se incrementaron 20.31% con una TCMA de 3.77%, en comparación al incremento de 11.07% con una TCMA de 2.12% en el periodo de 2005 al 2010.

De la misma tabla se deduce que las absorciones de CO_2 por las permanencias entre 1990 y 2015 aumentaron 2.94% con una TCMA de 0.12%, mientras que para el periodo 2010-2015 se incrementaron 3.08% con una TCMA de 0.61% en relación al decremento de -2.69% con una TCMA negativa de 0.54% en el periodo 2005-2010.

En 2015 se reportan, en la subcategoría [3B1] Tierras forestales -139,970.12 Gg de CO_2 [±15.78%]. De ese total las tierras forestales que permanecen como tales, contribuyen con -138,504 Gg de CO_2 que representan 99% de estas absorciones (**Tabla 2.31**). Las absorciones de Tierras forestales en 1990 fueron de -138,429 Gg de CO_2 lo que representa un aumento de 1.1% en las emisiones de GEI entre 1990 y 2015, con una TCMA de 0.04 por ciento. La absorción de las tierras convertidas en tierras forestales, que también puede ser llamada reforestación, fue en 2015 de -1,465 Gg de CO_2, mientras que en el año base 1990 fue de -4,278, lo que representó una disminución importante de 65%, entre 1990 y 2015.

Las subcategorías reportadas en este inventario, su permanencia o cambio, así como los reservorios estimados y los niveles metodológicos utilizados se presentan en forma detallada en el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Tabla 2.31. Emisiones y absorciones agrupadas por permanencias y cambios de uso de suelo de [3B] Tierra, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión o absorción	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales	-4,279	-2,480	-2,531	-1,465	-65.76	2.06	-42.12	-4.20	0.41	-10.36
[3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo	10,958	9,112	13,234	11,340	3.49	45.24	-14.31	0.14	7.75	-3.04
[3B3b] Tierras convertidas en praderas	5,602	4,715	4,062	8,586	53.27	-13.85	111.37	1.72	-2.94	16.15
[3B4b] Tierras convertidas en humedales	172	1,270	112	45	-73.84	-91.18	-59.82	-5.22	-38.47	-16.67
[3B5b] Tierras convertidas en asentamientos	1,606	1,240	553	138	-91.41	-55.40	-75.05	-9.35	-14.91	-24.24
[3B6b] Tierras convertidas en otras tierras	50	209	194	154	208.00	-7.18	-20.62	4.60	-1.48	-4.51
Total conversión de tierras	14,110	14,067	15,624	18,797	33.22	11.07	20.31	1.15	2.12	3.77
[3B1a] Tierras forestales que permanecen como tales	-134,151	-138,072	-134,360	-138,505	3.25	-2.69	3.08	0.13	-0.54	0.61
[3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tales	-12,551	-11,555	-11,541	-12,216	-2.67	-0.12	5.85	-0.11	-0.02	1.14
[3B3a] Praderas que permanecen como tales	-15,674	-15,551	-16,298	-16,423	4.78	4.80	0.77	0.19	0.94	0.15
[3B4a] Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE						
[3B5a] Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE						
Total permanencias de tierras	-162,376	-165,178	-162,200	-167,143	2.94	-1.80	3.05	0.12	-0.36	0.60
Total neto (conversión + permanencias)	-148,266	-151,111	-146,576	-148,346	0.05%	-3.00%	1.21%	0.002%	-0.61%	0.24%

Figura 2.29. Emisiones y absorciones agrupadas por permanencias y cambios de uso de suelo de [3B] Tierra

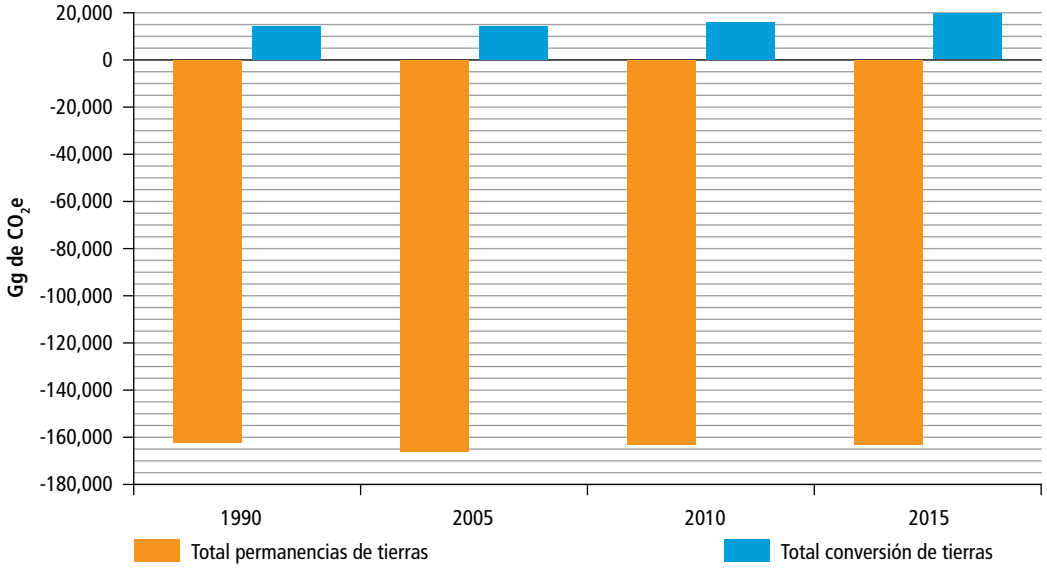


Figura 2.30. **Incertidumbre de las emisiones de las subcategorías de [3B] Tierra**

Subcategorías [3B1], [3B2] Y [3B3]

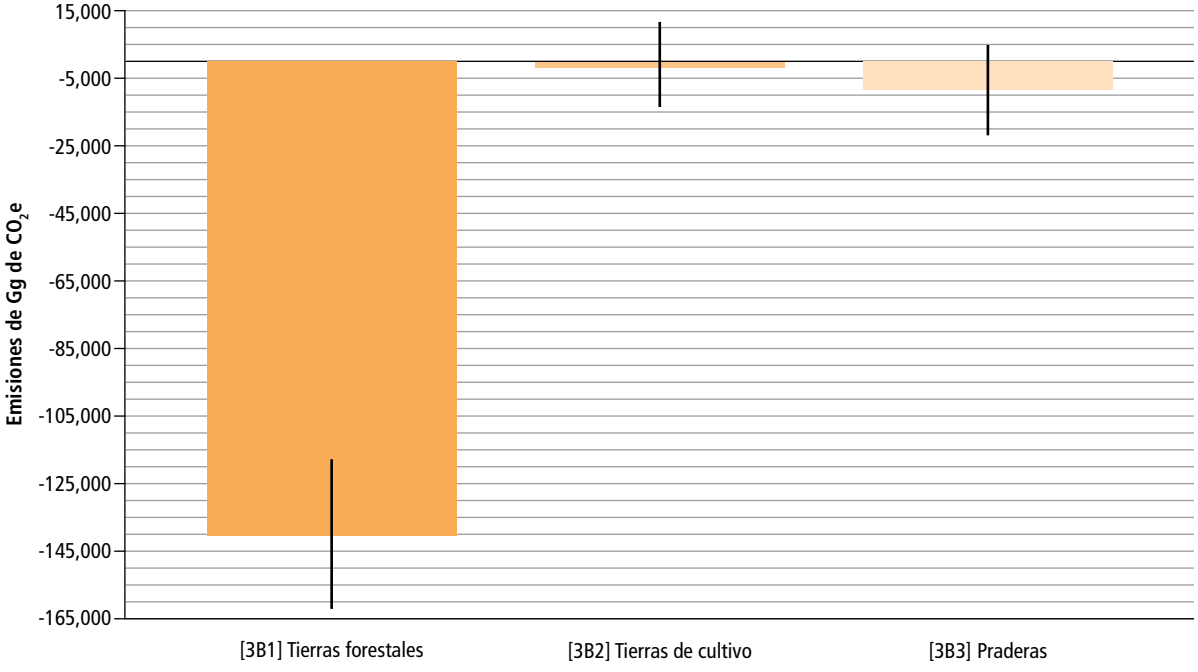
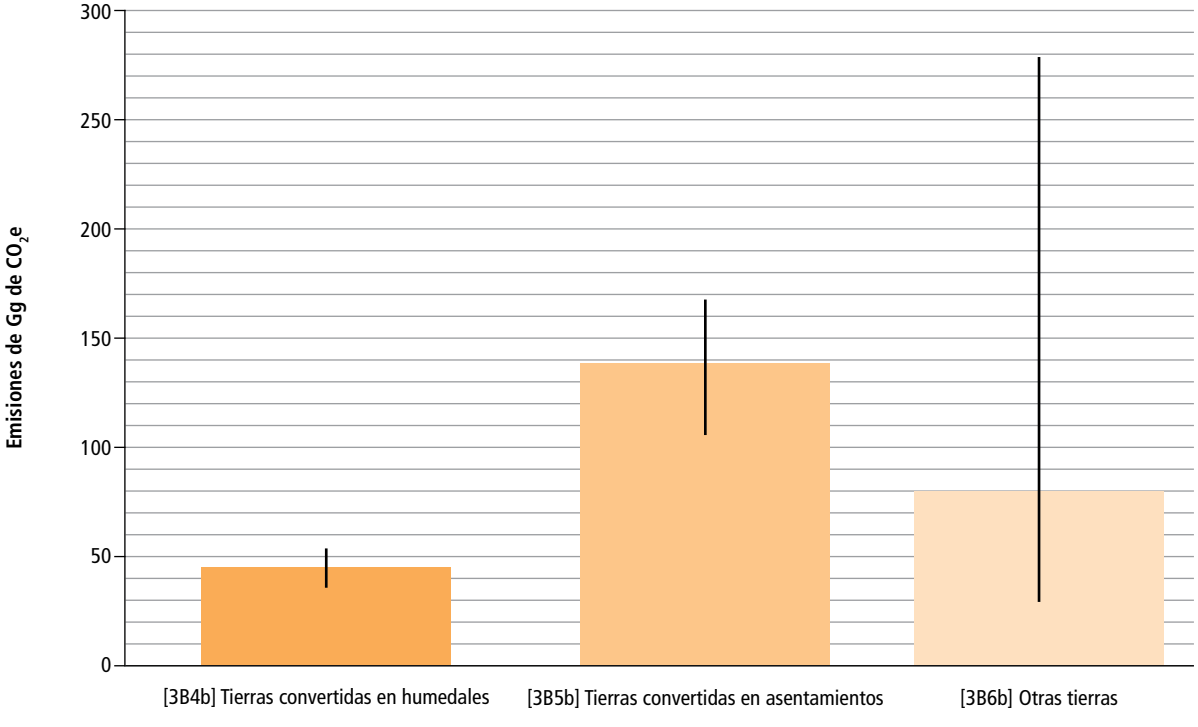


Figura 2.31. **Incertidumbre de las emisiones de las subcategorías de [3B] Tierra**

Fuentes de las subcategorías [3B4], [3B5] y [3B6]



[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra

En esta categoría se reportan las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de actividades agrícolas en México. Los GEI cuantificados son:

- CH_4 que se origina por [3C1] Quema de biomasa y [3C7] Cultivo de arroz;
- las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de la aplicación de fertilizantes sintéticos, la incorporación y transformación del nitrógeno acumulado en la biomasa y la descomposición de las [3C4, 3C5] excretas del ganado en pastoreo, y las emisiones indirectas generadas en [3C6] Sistemas de manejo del estiércol, y
- el CO_2 emitido por la incorporación de [3C2] Cal y [3C3] Urea en suelos agrícolas.

Las emisiones totales por este grupo de actividades fueron 31,491.90 Gg CO_2e [±63.75%] (**Tabla 2.32**) en 2015; representaron el 4.6% de las emisiones totales de GEI del sector AFOLU (5.9% de las emisiones netas).

La fuente principal de GEI en esta categoría fue la subcategoría [3C4] Emisiones directas de N_2O, que aportó 73.0% del total (22,992.89 Gg CO_2e). Le siguió en importancia [3C5] Emisiones indirectas de N_2O, con 18.5% (5,821.98 Gg CO_2e). En conjunto, las otras subcategorías contribuyeron con una proporción menor que 5% del total de las emisiones (**Figura 2.32**).

En la **Tabla 2.32** se observa la evolución de las emisiones de esta categoría en el periodo 1990-2015. En 1990, las emisiones totales en esta categoría fueron 31,599.18 Gg CO_2e. A lo largo del periodo de referencia experimentaron un decremento de 0.34% con una TCMA negativa de 0.01 por ciento. Las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un incremento de 5.45% con una TCMA de 1.07%, en comparación con el porcentaje de decrecimiento de 1.87% con una TCMA negativa de 0.38% durante el periodo 2005-2010.

Tabla 2.32. Emisiones por [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[3C1] Quema de biomasa	634.4	1,561.62	1,131.76	1,151.49	81.51%	-27.53%	1.74%	2.41%	-6.24%	0.35%
[3C2] Encalado	30.93	34.49	35.75	37.42	20.98%	3.65%	4.67%	0.76%	0.72%	0.92%
[3C3] Aplicación urea	436.19	451	498.67	409.71	-6.07%	10.57%	-17.84%	-0.25%	2.03%	-3.85%
[3C4] Directas N_2O manejo suelos	23,347.01	21,865.70	21,658.72	22,992.89	-1.52%	-0.95%	6.16%	-0.06%	-0.19%	1.20%
[3C5] Indirectas N_2O manejo suelos	6,289.93	5,579.31	5,541.45	5,821.98	-7.44%	-0.68%	5.06%	-0.31%	-0.14%	0.99%
[3C6] Indirectas N_2O SME	522.77	755.79	846.19	913.66	74.77%	11.96%	7.97%	2.26%	2.29%	1.55%
[3C7] Cultivo de arroz	337.96	185.55	152.3	164.76	-51.25%	-17.92%	8.18%	-2.83%	-3.87%	1.59%
Total	31,599.18	30,433.47	29,864.84	31,491.90	-0.34%	-1.87%	5.45%	-0.01%	-0.38%	1.07%

Figura 2.32. **Emisiones de la categoría [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra, 2015**

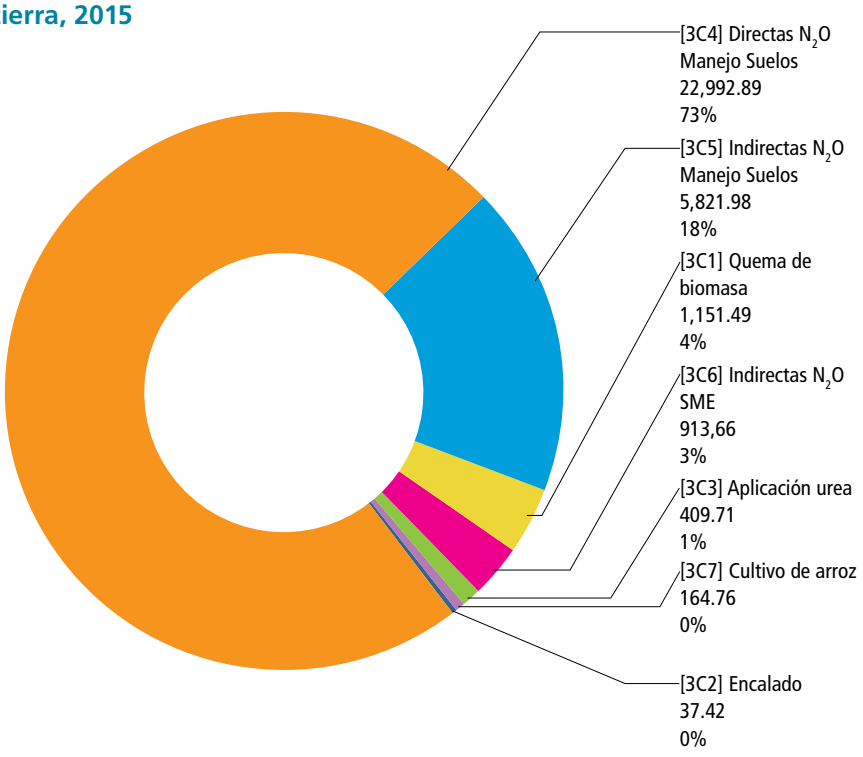
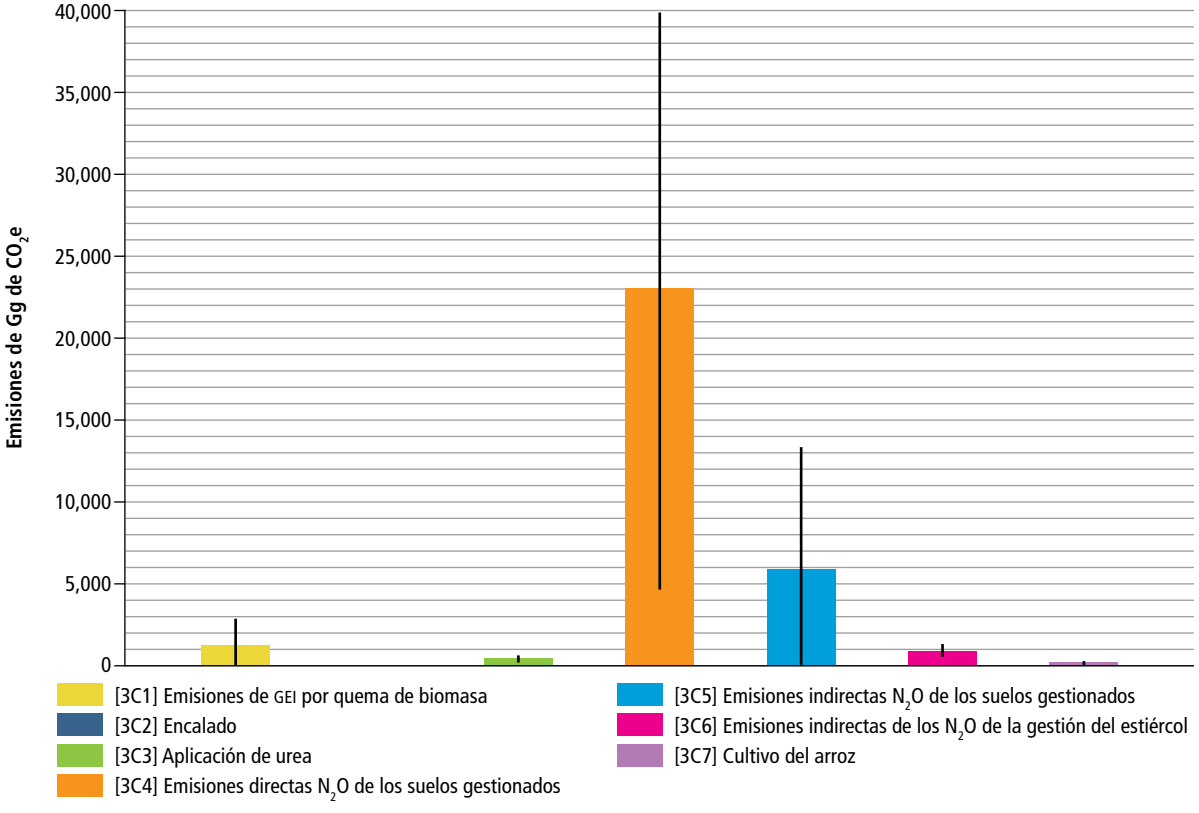


Figura 2.33. **Incertidumbres de las categorías [3C1], [3C2], [3C3], [3C4], [3C5], [3C6] y [3C7]**



[4] Residuos

Este sector contempla las emisiones generadas en los procesos de tratamiento y eliminación de residuos. De acuerdo con las *Directrices del* IPCC 2006, las categorías incluyen: [4A] Disposición final de residuos sólidos urbanos, [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos, [4C] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos, así como la quema de residuos a cielo abierto, y [4D] Tratamiento y descargas de aguas residuales.

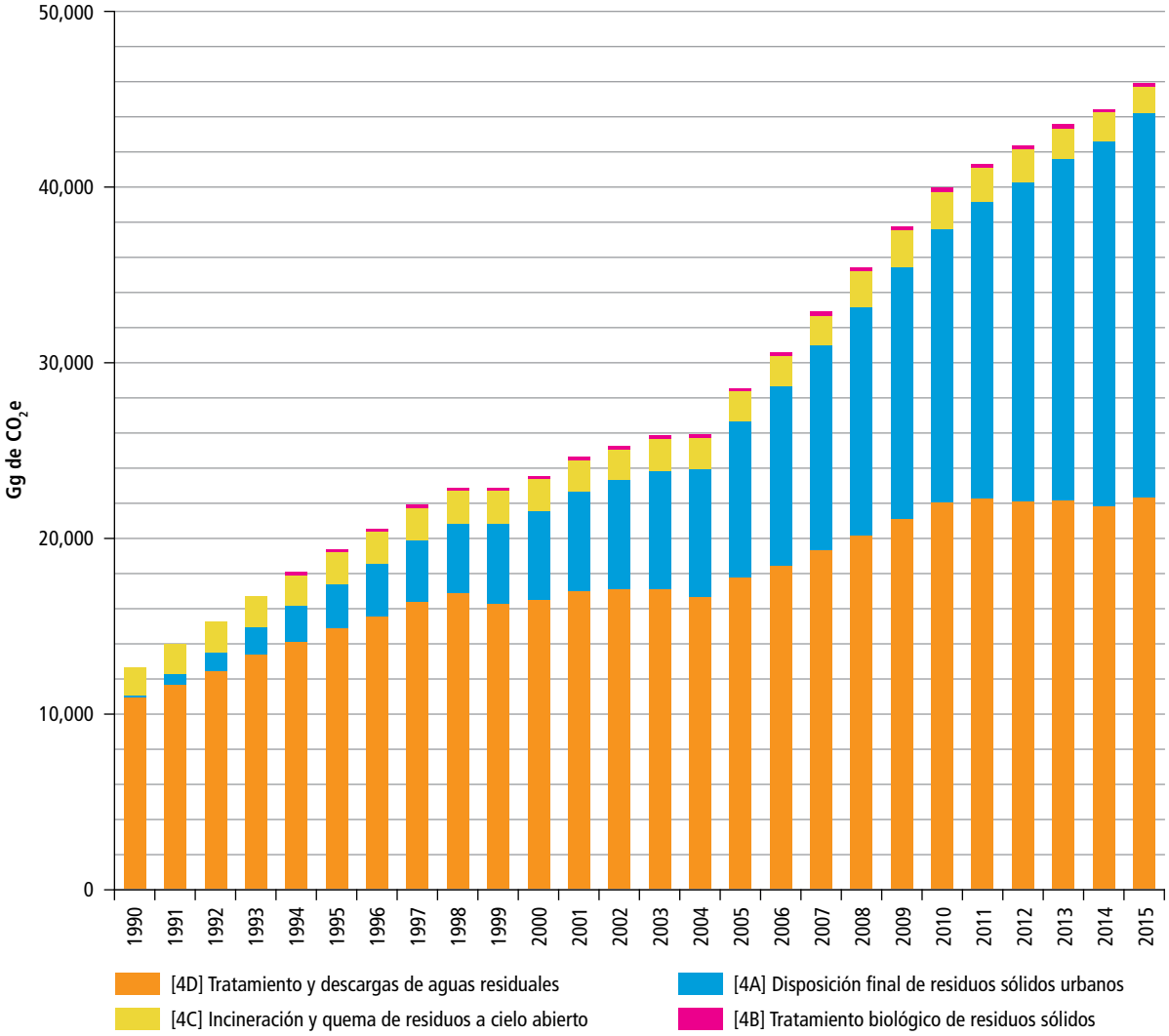
En los sitios de disposición final y en el tratamiento de aguas residuales se genera principalmente CH_4 debido a la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas; el CO_2 se presenta en la incineración de residuos y en la quema a cielo abierto de los residuos que contienen carbono fósil; por ejemplo, los plásticos. Y el N_2O varía según las condiciones del tipo de tratamiento de aguas residuales.

El sector de residuos contribuyó con 6.7% al total de emisiones del inventario en 2015. Las emisiones de GEI (**Tabla 2.33**) derivadas de los residuos se incrementaron 265.8%, pasando de 12,550.11 Gg de CO_2e en 1990 a 45,909.01 Gg de CO_2e [±101.5%] en 2015 (**Figura 2.34**) con una TCMA de 5.3% en ese periodo. Las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un incremento de 14.92% con una TCMA de 2.82%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 40.10% con una TCMA de 6.98% en el periodo 2005-2010.

Tabla 2.33. Emisiones del sector [4] Residuos, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015

Fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg de CO_2e				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[4A] Disposición final de residuos sólidos urbanos	129.67	8,899.39	15,640.21	21,920.61	16804.92%	75.74%	40.16%	22.78%	11.94%	6.98%
[4B] Tratamiento biológico de residuos sólidos	NE	167.5	208.4	199.51	NA	24.42%	-4.27%	NA	4.47%	-0.87%
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	1,588.60	1,689.50	2,070.14	1,487.15	-6.39%	22.53%	-28.16%	-0.26%	4.15%	-6.40%
[4D] Tratamiento y descargas de aguas residuales	10,831.83	17,757.61	22,029.59	22,301.74	105.89%	24.06%	1.24%	2.93%	4.41%	0.25%
Total	12,550.11	28,514.00	39,948.34	45,909.01	265.81%	40.10%	14.92%	5.32%	6.98%	2.82%

Figura 2.34. **Emisiones de GEI en el sector [4] Residuos, 1990-2015**



Las principales emisiones en este sector provienen del tratamiento y descargas de las aguas residuales con una participación de 48.6%. Le siguen las emisiones provenientes de la disposición final de residuos con una participación de 47.7%, las emisiones por incineración y quema a cielo abierto de residuos con 3.2% y finalmente el tratamiento biológico con 0.4 por ciento.

Por tipo de gas, las principales emisiones en 2015 por el sector Residuos fueron las de metano, con una aportación de 43,093.23 Gg de CO_2e [±2.91%] que representó 93.9% de las emisiones totales del sector, proveniente principalmente de la disposición final y del tratamiento y descargas de aguas residuales. La segunda aportación fueron las emisiones de N_2O con 2,085.57 Gg de CO_2e [±2,232.83%], que representaron 4.5% de las emisiones del sector, provenientes principalmente de las aguas residuales. Finalmente, las emisiones de CO_2 en 2015 fueron de 730.23 Gg [±95.48%], que representaron el 4.5% restante, provenientes de la incineración y quema a cielo abierto de residuos.

[4A] Disposición final de residuos sólidos urbanos

La disposición final de los residuos sólidos urbanos se refiere a su depósito o confinamiento permanente en sitios de disposición final (SDF). En México se tienen contabilizados 2,637 SDF, de los cuales 2,094 se consideraron para la estimación de GEI, porque contaban con información:

1. 320 rellenos sanitarios que constituyen una infraestructura en la que se involucran métodos y obras de ingeniería que básicamente controlan la fuga de lixiviados y la generación de biogás (SEMARNAT, 2012) y que están regidos por la norma NOM-083-SEMARNAT-2003;
2. 189 sitios controlados que tienen cierto nivel de ingeniería sin llegar a contar con lo estipulado por la NOM-083;
3. 1,585 sitios no controlados o tiraderos a cielo abierto, que son lugares que no cuentan con ningún tipo de ingeniería. Generalmente los SDF de este tipo representan focos de infección y generan problemas ambientales, como contaminación de mantos freáticos y de suelos.

Cuando los residuos sólidos municipales se depositan por primera vez en un SDF se lleva a cabo un proceso de descomposición aeróbica (en presencia de oxígeno). En esta etapa se genera poco CH_4. Posteriormente, cuando las condiciones son anaeróbicas, las bacterias productoras de metano comienzan a establecerse y este gas se produce a un ritmo estable por lo general durante 20 años (EPA, 2017).

En México se ha observado un incremento considerable de las emisiones de metano de este sector. En el año de 1990 se estimó una emisión de 129.6 Gg de CO_2e, mientras que en 2015 se estimaron 21,920.6 Gg de CO_2e, siendo esta última cifra aproximadamente 169 veces mayor con respecto a la de 1990, con una TCMA de 22.8% (**Tabla 2.33**). Las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un incremento de 40.16% con una TCMA de 6.98%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 75.74% con una TCMA de 11.94% durante el periodo 2005-2010.

Esta tendencia se debe principalmente al incremento de rellenos sanitarios y al incremento en las cantidades de residuos que se disponen en los SDF.

[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos

El tratamiento biológico de los residuos sólidos considera el proceso para la producción de composta (abono orgánico) y la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos, como los residuos de alimentos, de jardines y parques y de lodos de aguas residuales. Entre las ventajas del tratamiento biológico se incluyen: el volumen reducido de los materiales de residuos, la estabilización de los residuos, la destrucción de los agentes patógenos en el material de desecho y la producción de biogás para utilización energética. Los productos finales del tratamiento biológico pueden reciclarse, según su calidad, como mejoradores de suelos, abono orgánico, o bien, disponerse en los SDF.

La fabricación de composta es un proceso aeróbico y, por ello, una fracción grande del carbono orgánico degradable de los materiales de desecho se convierte en CO_2. El CH_4 se forma en las secciones anaeróbicas de la composta, pero una gran proporción se oxida en los espacios aeróbicos del abono.

En 2015 las emisiones por el tratamiento biológico de los residuos sólidos fueron de 199.5 Gg de CO_2e [±72.48 %]. De esta cantidad, 58.5% correspondió a emisiones de CH_4 y 41.5% a emisiones de N_2O. Las emisiones de 1991 a 2015 presentaron un incremento 367 veces mayor al pasar de 0.55 a 199.5 Gg de CO_2e con una TCMA de 28% en ese periodo, debido a un incremento en el volumen de residuos sólidos llevados a compostaje. Las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un decremento de 4.27% con una TCMA negativa de 0.87%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 24.42% con una TCMA de 4.47% durante el periodo 2005-2010 (**Tabla 2.33**).

[4C] Incineración de residuos peligrosos y quema de residuos a cielo abierto

La incineración considerada en este apartado se refiere a la eliminación por combustión de los residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos en instalaciones y condiciones controladas. La información se obtuvo de las empresas autorizadas por SEMARNAT para la incineración de residuos peligrosos (rubro 6 residuos biológico-infecciosos y rubro 12 peligrosos industriales) (SEMARNAT, 2015). Los incineradores modernos de residuos peligrosos poseen grandes chimeneas y cámaras de combustión especialmente diseñadas para producir altas temperaturas de combustión, tiempos largos de residencia y agitación eficiente de los residuos al tiempo que introducen aire para una combustión más completa. Los incineradores generan CO_2, CH_4 y N_2O por este proceso. La metodología empleada para el cálculo de las emisiones se puede consultar en el Anexo E [4C] del INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Por otro lado, la quema de residuos urbanos a cielo abierto puede definirse como la combustión, al aire libre, de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, residuos de aceites y otros residuos. Habitualmente se lleva a cabo esta práctica en sitios de disposición final no controlados o como una práctica en traspatios de casas en ciertas zonas rurales, donde las emisiones se liberan directamente al aire sin pasar por una chimenea o columna. Para esta actualización se consideraron los datos de quema a cielo abierto de los residuos obtenidos mediante una encuesta realizada en viviendas particulares (INEGI, 1990, 1995, 2000, 2005, 2013) y los quemados en sitios de disposición final de residuos sólidos, sólo para 2015 (INECC, 2017).

En 2015 las emisiones de la subcategoría por la incineración de residuos peligrosos y quema a cielo abierto de residuos fue de 1,487 Gg de CO_2e [±62.73%]. Del total de emisiones de esta subcategoría, 98% correspondió a emisiones por quema a cielo abierto y 2% a las emisiones por incineración de residuos. En el periodo 1990-2015, las emisiones tuvieron una TCMA negativa de 0.3% al pasar de 1,588 a 1,487 Gg de CO_2e. Las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un decremento de 28.16% con una TCMA negativa de 6.40%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 22.53 con una TCMA de 4.15% durante el periodo 2005-2010 (**Tabla 2.33**).

[4D] Tratamiento y descarga de aguas residuales

Las aguas residuales son fuente de CH_4 cuando se las trata o descarga en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de N_2O, debido a la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales como la urea, el nitrato o proteínas. De acuerdo con el IPCC (2006), las emisiones de CO_2 procedentes de las aguas residuales no se consideran en el inventario porque son de origen biogénico y no deben incluirse en el total nacional de emisiones. Las aguas residuales se originan en una variedad de fuentes municipales, comerciales e industriales y pueden tratarse *in situ* (no recolectadas), transportarse por drenaje a una planta de tratamiento (recolectadas), o descargarse sin tratamiento a cuerpos de aguas (IPCC, 2006). Para los fines de este inventario, en específico para aguas residuales municipales, se cuantificaron las emisiones de aguas residuales colectadas en alcantarillado, que en 2015 fueron el 92 por ciento. El 8% restante fueron aguas residuales no recolectadas, para las cuales no se estimaron los GEI.

Las aguas residuales municipales son los residuos de aguas utilizadas en los hogares (para fines de limpieza, cocina, baños o regaderas), mientras que las aguas residuales industriales derivan exclusivamente de las prácticas de procesos de transformación o uso industrial. Los sistemas de tratamiento pueden ser de distintos tipos, según el origen del agua residual, y la diferencia primordial de este tratamiento es si realizan su función a través de un medio aeróbico o anaeróbico; en el primer tipo la generación de CH_4 es poca a comparación de los sistemas anaerobios.

En 2015 las emisiones totales de [4D] Tratamiento y descarga de aguas residuales fueron de

22,302 Gg de CO_2e [±208.84%] que representaron 48.6% de las emisiones totales de esta subcategoría, en donde las aguas residuales industriales contribuyeron con 36.4% y las aguas residuales municipales con 12.2 por ciento. Por tipo de GEI las emisiones de CH_4 en promedio contribuyen con 91.6% de las emisiones, mientras que el restante 8.4% correspondió a emisiones de N_2O. Las emisiones del periodo 1990 y 2015 se duplicaron al pasar de 10,832 a 22,301 Gg de CO_2e con una TCMA de 2.9 por ciento. Las emisiones en el periodo 2010-2015 tuvieron un incremento de 1.24% con una TCMA de 0.25%, en comparación con el porcentaje de crecimiento de 24.06% con una TCMA de 6.98% durante el periodo 2005-2010.

Las emisiones atribuibles a las aguas residuales municipales comprenden aquellas de CH_4 generadas por las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y descargas de aguas residuales colectadas. En 2015 las emisiones se estimaron con la información de los caudales tratados en las 2,477 plantas de tratamiento de aguas residuales del país, así como del proceso de tratamiento empleado en cada una de ellas (CONAGUA, 2015b). En México, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en 2015 se utilizaron un total de 10,977,681,600 m^3 de agua, de los cuales se generaron 6,768,887,040 m^3 de aguas residuales, las cuales fueron colectadas en los alcantarillados. Este valor representa en promedio 91.4% de cobertura del alcantarillado de aguas residuales municipales en el país y una cobertura de tratamiento de 57 por ciento. En 2015, de acuerdo con la información proporcionada por CONAGUA, se contó con alrededor de 26 procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, con los cuales en 2015 se trató un efluente de 3,815,673,432 m^3. Ver también el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018)

Por otro lado, las emisiones del tratamiento y descarga de aguas residuales industriales comprenden aquellas de CH_4 generadas por los procesos de tratamiento y eliminación de aguas residuales generadas en los procesos de producción. Para fines de este inventario, los giros industriales considerados fueron: alimenticio, bebidas alcohólicas, bebidas no alcohólicas, beneficio del café, celulosa y papel, cervecera, ingenios azucareros, jabón y detergentes, petrolero, plásticos y resinas, así como sustancias químicas orgánicas. Los giros se homologaron de acuerdo con las metodologías del IPCC (IPCC, 2006). De la información proporcionada por CONAGUA se realizó un muestreo de acuerdo con la actividad industrial y se seleccionaron aquellos procesos que, según el IPCC, son fuentes clave de generación de GEI.

Para 2015 se contó con datos de los caudales tratados en 1,020 plantas de tratamiento, que en total procesaron un caudal de 1,405,283,879 m^3. Los tipos de tratamiento se clasifican en primario, secundario y terciario. De acuerdo con la información obtenida, algunas plantas se refieren a su proceso de tratamiento como "no especificado"; para esos casos, a falta de información disponible, en el cálculo de las emisiones se consideró un promedio del factor de emisión para tratamiento primario y secundario (CONAGUA, 2015).

De agua residual no tratada se tomaron los volúmenes reportados por CONAGUA (CONAGUA, 2015a). En 2015 se generaron 6,769,745,600 m^3 de aguas residuales industriales de los cuales sólo se trató 33% y el volumen de agua residual no tratada fue de 4,546,175,600 m^3; es decir, 67% del volumen no fue tratado.

En 2015 las emisiones por el tratamiento y descarga de aguas residuales industriales, fueron de 16,709 Gg de CO_2e [±5.18%]. De ellas, 75% correspondió a emisiones por aguas no tratadas. La TCMA fue de 2.9% y su contribución en 2015 al total de las emisiones de la subcategoría fue de 48.6 por ciento (**Tabla 2.33**).

Carbono negro

El carbono negro es un aerosol carbonoso considerado un importante contaminante atmosférico que contribuye al aumento en la temperatura de la atmósfera (Bond *et al.,* 2013).

El carbono negro es un contaminante troposférico que afecta a la salud humana debido a los contaminantes asociados con su emisión, se encuentra presente en la mayor parte del material particulado (PM, por sus siglas en inglés) de diámetro menor que 2.5 micras ($PM_{2.5}$), siendo responsable de enfermedades y muertes prematuras: como ejemplo, de acuerdo con S.S. Lim *et al.,* (2012), cada año se estima que en el mundo mueren entre 3.2 y 3.5 millones de personas debido a la exposición a $PM_{2.5}$ en exteriores e interiores.

Tabla 2.34. Sector, categoría, subcategoría y fuentes que generan emisiones de carbono negro

Sector	Categoría o subcategoría	Fuente de emisión
[1] Energía	[1A] Actividades de quema del combustible	[1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor
		[1A1b] Refinación de petróleo
		[1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía
	[1A2] Industrias manufactureras y de la construcción	[1A2a] Hierro y acero
		[1A2c] Sustancias químicas
		[1A2d] Pulpa, papel e imprenta
		[1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco
		[1A2g] Equipo de transporte
		[1A2i] Minería (con excepción de combustibles) y cantería
		[1A2k] Construcción
		[1A2m] Industria no especificada
	[1A3] Transporte	[1A3a] Aviación civil
		[1A3b] Autotransporte
		[1A3c] Ferrocarriles
		[1A3d] Navegación marítima y fluvial
	[1A4] Otros sectores	[1A4a] Comercial / institucional
		[1A4b] Residencial
		[1A4c] Agropecuario / silvicultura / pesca / piscifactorías
	[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	[1B2c] Quema de petróleo y gas
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés)	[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	[3C1a] Emisiones por quema de biomasa en tierras forestales
		[3C1b] Emisiones por quema de biomasa en tierras de cultivo
		[3C1c] Emisiones por quema de biomasa en tierras praderas
[4] Residuos	[4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos	[4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos

Emisiones nacionales de carbono negro, 2015

En 2015 se contabilizaron 112.24 Gg de carbono negro en el país, con la misma categorización que se usó con las fuentes de emisión de GEI (**Tabla 2.34**). Esta se muestra a continuación.

El sector [1] Energía aporta 106.65 Gg de carbono negro (95.01%), seguido por el sector [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, que contribuye con 4.44 Gg de carbono negro (3.90%), y el sector [4] Residuos, que contribuye con 1.15 Gg de carbono negro (1.03%) (**Tabla 2.35**).

Tabla 2.35. **Emisiones de carbono negro en 2015**

Sector	Carbono negro (Gg)
[1] Energía	106.66
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	4.44
[4] Residuos	1.15
Total de emisiones de carbono negro	112.25

Tendencia histórica de las emisiones nacionales de carbono negro, 1990-2015

Como se aprecia en la **Tabla 2.36**, la mayor parte de las emisiones nacionales de carbono negro provienen del sector [1] Energía, por uso de combustibles fósiles en procesos industriales y transporte. La segunda contribución corresponde al sector [3] AFOLU, por la quema de cultivos; y el de menor aportación es el sector [4] Residuos, principalmente por las quemas a cielo abierto.

De 1990 a 2015, las emisiones totales de carbono negro aumentaron 22.8% pasando de 91.38 a 112.25 Gg, con una TCMA de 0.83 por ciento. En el periodo 2010-2015 el carbono negro decreció 2.59% con una TCMA negativa de 0.52%, en comparación con el incremento de 3.80% con una TCMA de 0.75% en el periodo de 2005-2010 (véase la **Tabla 2.36**).

La **Figura 2.35** muestra las emisiones de carbono negro, en Gg, a lo largo del periodo 1990-2015, por fuentes de emisión. Los años con las mayores emisiones fueron: 1998, con 119.08 Gg de carbono negro, 2008 con 133.03 Gg de carbono negro y 2013 con 120.34 Gg de carbono negro.

Figura 2.35. **Emisiones de carbono negro por subcategoría de emisión, 1990-2015**

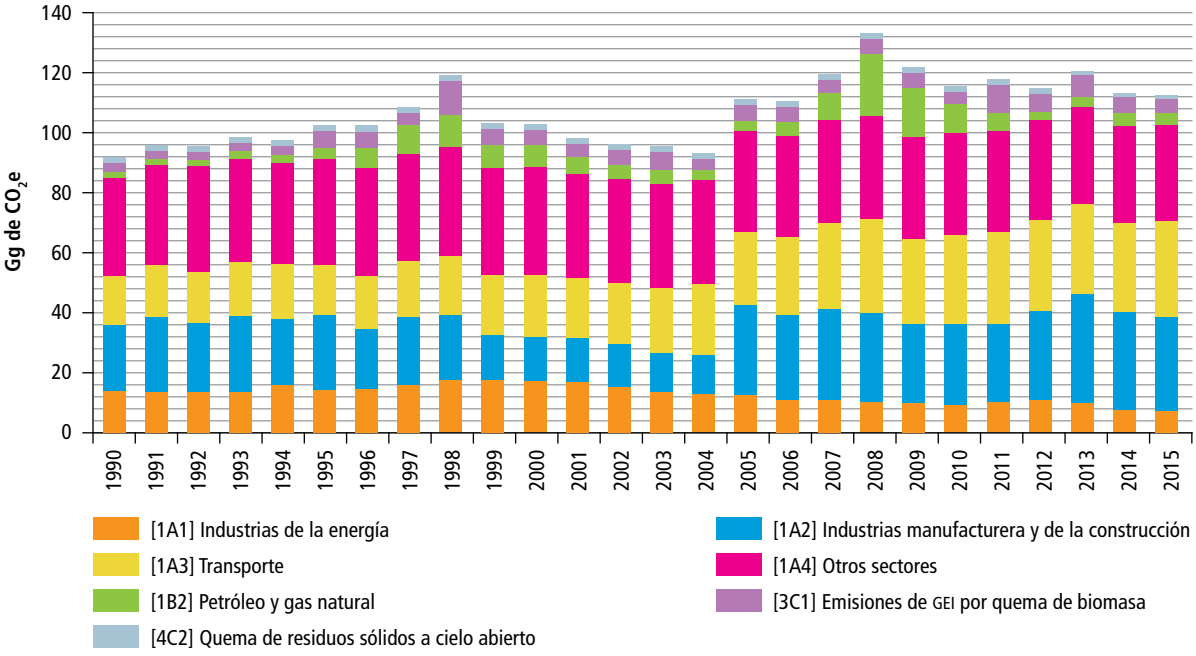


Tabla 2.36. **Tasa de crecimiento anual de los sectores, categorías y subcategorías de emisiones de carbono negro, 1990-2015**

Sector / categoría / subcategoría / fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[1] Energía	86.73	103.96	109.34	106.65	22.97%	5.18%	-2.46%	0.83%	1.01%	-0.50%
[1A] Actividades de quema de combustible	84.9	100.59	99.82	102.6	20.85%	-0.77%	2.79%	0.76%	-0.15%	0.55%
[1A1] Industrias de la energía	13.62	12.46	9.05	6.79	-50.15%	-27.37%	-24.97%	-2.75%	-6.19%	-5.58%
[1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor	11.12	10.87	7.46	5.61	-49.55%	-31.37%	-24.80%	-2.70%	-7.25%	-5.54%
[1A1b] Refinación de petróleo	2.19	1.32	1.28	0.87	-60.27%	-3.03%	-32.03%	-3.63%	-0.61%	-7.43%
[1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	0.31	0.27	0.31	0.319	2.90%	14.81%	2.90%	0.11%	2.80%	0.57%
[1A2] Industrias manufacturera y de la construcción	21.97	29.87	27.27	31.67	44.15%	-8.70%	16.13%	1.47%	-1.80%	3.04%
[1A2a] Hierro y acero	0.12	0.05	0.03	0.019	-84.17%	-40.00%	-36.67%	-7.11%	-9.71%	-8.73%
[1A2c] Sustancias químicas	0.19	0.09	0.04	0.025	-86.84%	-55.56%	-37.50%	-7.79%	-14.97%	-8.97%
[1A2d] Pulpa, papel e imprenta	0.14	0.07	0.04	0.029	-79.29%	-42.86%	-27.50%	-6.10%	-10.59%	-6.23%
[1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	0.2	28.69	25.09	30.1	14950.00%	-12.55%	19.97%	22.21%	-2.65%	3.71%
[1A2i] Minería (con excepción de combustibles) y cantería	0.2	0.13	0.09	0.15	-25.00%	-30.77%	66.67%	-1.14%	-7.09%	10.76%
[1A2m] Industria no especificada*	21.12	0.84	1.98	1.35	-93.61%	135.71%	-31.82%	-10.42%	18.71%	-7.37%
[1A3] Transporte	16.58	24.27	29.33	31.97	92.82%	20.85%	9.00%	2.66%	3.86%	1.74%
[1A3a] Aviación civil	0.05	0.07	0.07	0.09	80.00%	0.00%	28.57%	2.38%	0.00%	5.15%
[1A3b] Autotransporte	15.99	24.03	29.13	31.75	98.56%	21.22%	8.99%	2.78%	3.92%	1.74%
[1A3c] Ferrocarriles	0.05	0.04	0.04	0.05	0.00%	0.00%	25.00%	0.00%	0.00%	4.56%

* Incluye del Balance Nacional de Energía: Otras ramas económicas, fabricación de vidrio y fabricación de productos de hule.

Tabla 2.36. **(Continuación)**

Sector / categoría / subcategoría / fuente de emisión	1990	2005	2010	2015	Incremento o decremento (% en el periodo)			TCMA (% en el periodo)		
	Gg				1990-2015	2005-2010	2010-2015	1990-2015	2005-2010	2010-2015
[1A3d] Navegación marítima y fluvial	0.5	0.13	0.09	0.08	-84.00%	-30.77%	-11.11%	-7.07%	-7.09%	-2.33%
[1A4] Otros sectores	32.73	34.01	34.15	32.16	-1.74%	0.41%	-5.83%	-0.07%	0.08%	-1.19%
[1A4a] Comercial / institucional	1.31	2.28	2.37	2.38	81.68%	3.95%	0.42%	2.42%	0.78%	0.08%
[1A4b] Residencial	31.33	31.37	31.47	29.49	-5.87%	0.32%	-6.29%	-0.24%	0.06%	-1.29%
[1A4c] Agropecuario / silvicultura / pesca / piscifactorías	0.09	0.36	0.31	0.3	233.33%	-13.89%	-3.23%	4.93%	-2.95%	-0.65%
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	1.83	3.35	9.54	4.05	121.31%	184.78%	-57.55%	3.23%	23.28%	-15.75%
[1B2] Petróleo y gas natural	1.83	3.35	9.54	4.05	121.31%	184.78%	-57.55%	3.23%	23.28%	-15.75%
[1B2a] Quema en petróleo y gas	1.83	3.35	9.54	4.05	121.31%	184.78%	-57.55%	3.23%	23.28%	-15.75%
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	3.09	5.38	4.26	4.44	43.69%	-20.82%	4.23%	1.46%	-4.56%	0.83%
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	3.09	5.38	4.26	4.44	43.69%	-20.82%	4.23%	1.46%	-4.56%	0.83%
[3C1] Emisiones de GEI por quema de biomasa	3.09	5.38	4.26	4.44	43.69%	-20.82%	4.23%	1.46%	-4.56%	0.83%
[3C1a] Emisiones por quema de biomasa en tierras forestales	2.52	1.73	0.7	0.62	-75.40%	-59.54%	-11.43%	-5.45%	-16.55%	-2.40%
[3C1b] Emisiones por quema de biomasa en tierras de cultivo	3.09	3.3	3.41	3.69	19.42%	3.33%	8.21%	0.71%	0.66%	1.59%
[3C1c] Emisiones por quema de biomasa en tierras praderas	0.25	0.35	0.15	0.13	-48.00%	-57.14%	-13.33%	-2.58%	-15.59%	-2.82%
[4] Residuos	1.56	1.68	1.6	1.16	-25.64%	-4.76%	-27.50%	-1.18%	-0.97%	-6.23%
[4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos	1.56	1.68	1.6	1.16	-25.64%	-4.76%	-27.50%	-1.18%	-0.97%	-6.23%
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	1.56	1.68	1.6	1.16	-25.64%	-4.76%	-27.50%	-1.18%	-0.97%	-6.23%
Total de emisiones de carbono negro (Gg)	91.38	111	115.22	112.24	22.83%	3.80%	-2.59%	0.83%	0.75%	-0.52%

Emisiones de carbono negro del sector [1] Energía

En el sector [1] Energía se analizan las emisiones provenientes de las actividades [1A] Quema de combustibles y [1B] Emisiones fugitivas. (**Tabla 2.37**).

Las emisiones de carbono negro generadas por la quema de combustibles fósiles dependen de las siguientes características:

- Contenido de carbono.
- Tipo de proceso.
- Contenido de humedad.
- Eficiencia de la combustión.

Las emisiones fugitivas provienen del combustible enviado a quema en antorcha y generan carbono negro.

En 2015, el sector Energía fue la principal fuente nacional de carbono negro, con una contribución de 106.65 Gg. Dentro de este sector, la combustión generó 96.21% de las emisiones y la diferencia correspondió a las emisiones fugitivas provenientes de la quema de combustible en antorcha en el sector petróleo y gas.

Las fuentes que contribuyeron con mayores volúmenes de emisión fueron: [1A3b] Autotransporte, con 29.77%, que aportó 31.75 Gg de carbono negro por el consumo de diésel; seguidos del [1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, con 28.23% con 30.10 Gg principalmente por la quema de bagazo en ingenios azucareros, 27.65% de [1A4b] Residencial, con 29.49 Gg por la quema de leña en hogares, el resto de las fuentes aportó 14.35% (**Tabla 2.37**).

Los combustibles que dieron origen a la mayor cantidad de emisiones de carbono negro fueron diésel, bagazo de caña y madera (leña). Para mayor información de los resultados de las emisiones, véase el INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).

Tabla 2.37. Emisiones de carbono negro en el sector [1] Energía, 2015

Categoría de emisión	2015 Gg	Contribución en el sector %
[1A] Actividades de quema de combustible	102.60	96.21
[1A1] Industrias de la energía	6.79	6.37
[1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor	5.61	5.26
[1A1b] Refinación de petróleo	0.87	0.82
[1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	0.31	0.29
[1A2] Industrias manufacturera y de la construcción	31.68	29.70
[1A2a] Hierro y acero	0.02	0.02
[1A2c] Sustancias químicas	0.03	0.03
[1A2d] Pulpa, papel e imprenta	0.03	0.03
[1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	30.10	28.22
[1A2i] Minería (con excepción de combustibles) y cantería	0.15	0.14
[1A2m] Industria no especificada	1.35	1.27
[1A3] Transporte	31.97	29.98
[1A3a] Aviación civil	0.09	0.08
[1A3b] Autotransporte	31.75	29.77
[1A3c] Ferrocarriles	0.05	0.05
[1A3d] Navegación marítima y fluvial	0.08	0.08
[1A4] Otros sectores	32.17	30.16
[1A4a] Comercial / institucional	2.38	2.23
[1A4b] Residencial	29.49	27.65
[1A4c] Agropecuario / silvicultura / pesca / piscifactorías	0.30	0.28
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	4.04	3.79
[1B2] Petróleo y gas natural	4.04	3.79

Emisiones de carbono negro en el sector [3] AFOLU

El sector de Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés) contribuyó con 4% de las emisiones nacionales de carbono negro durante 2015, con 4.44 Gg.

El 100% de las emisiones de carbono negro en el sector AFOLU ocurrió en la subcategoría [3C1] Quema de biomasa (**Tabla 2.38**). En 2015 la principal fuente de emisión de carbono negro fue [3C1b] Quema de biomasa en tierras de cultivo, que contribuyó con 83.08% de las emisiones de carbono negro (3.69 Gg), seguida por [3C1a] Quema de biomasa en tierras forestales, que representó 13.96% (0.62 Gg), y finalmente [3C1c] Quema de biomasa en tierras praderas, con 0.13 Gg, contribuyó con 2.93% de las emisiones.

Tabla 2.38. **Emisiones de carbono negro en el sector [3] afolu, 2015**

[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	2015 Gg	Contribución en el sector %
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	4.44	100%
[3C1] Quema de biomasa	4.44	100%
[3C1a] Emisiones por quema de biomasa en tierras forestales	0.62	13.96%
[3C1b] Emisiones por quema de biomasa en tierras de cultivo	3.69	83.08%
[3C1c] Emisiones por quema de biomasa en tierras praderas	0.13	2.93%

Emisiones de carbono negro en el sector [4] Residuos

El sector [4] Residuos, que contempla las emisiones por el tratamiento y la eliminación de residuos, contribuyó con 1% al total de emisiones de carbono negro en 2015 con 1.16 Gg. El carbono negro sólo se produce en la subcategoría [4C2] Quema de residuos a cielo abierto, a consecuencia de la combustión incompleta.

La quema de residuos urbanos a cielo abierto se define como la combustión, al aire libre, de materiales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, residuos de aceites y otros residuos. Por lo general se realiza en sitios de disposición final no controlados o en traspatios de casas, principalmente en zonas rurales, donde las emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna.

Para la cuantificación de las emisiones sólo se estimaron aquellos residuos que contienen carbono fósil; se excluyeron para términos de emisiones aquellos residuos de origen biogénico, como son los de jardinería y alimentos (IPCC, 2006). Para el inventario se consideraron los datos de quema a cielo abierto de los residuos quemados en viviendas particulares habitadas (INEGI, 1990, 1995, 2000, 2005, 2013).

Anexo A

Tabla 2A.1. Emisiones nacionales de gases de efecto invernadero 2015 por tipo de gas, de los sectores, categorías, subcategorías y fuentes del IPCC 2006

Sector/ categoría / subcategoría / fuente de emisión (IPCC 2006)	Gg de CO_2e						
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones
[1] Energía	445,398.37	31,644.83	3,835.63	NA	NA	NA	480,878.83
[1A] Actividades de quema de combustible	429,894.04	2,730.29	3,835.63	NA	NA	NA	436,459.96
[1A1] Industrias de la energía	164,307.95	91.46	237.41	NA	NA	NA	164,636.82
[1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor	124,850.15	67.82	206.46	NA	NA	NA	125,124.43
[1A1b] Refinación de petróleo	11,796.92	7.71	10.77	NA	NA	NA	11,815.40
[1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	27,660.88	15.93	20.18	NA	NA	NA	27,696.99
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	63,269.69	92.67	127.84	NA	NA	NA	63,490.20
[1A2a] Hierro y acero	4,330.93	2.23	2.34	NA	NA	NA	4,335.50
[1A2b] Metales no ferrosos	1,605.76	1.12	1.66	NA	NA	NA	1,608.53
[1A2c] Sustancias químicas	8,876.68	4.68	5.11	NA	NA	NA	8,886.47
[1A2d] Pulpa, papel e imprenta	2,392.70	1.46	1.91	NA	NA	NA	2,396.08
[1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	1,570.99	28.7	36.37	NA	NA	NA	1,636.06
[1A2f] Minerales no metálicos	IE[1]	IE[1]	IE[1]	NA	NA	NA	IE[1]
[1A2g] Equipo de transporte	444.87	0.26	0.33	NA	NA	NA	445.45
[1A2h] Maquinaria	IE[2]	IE[2]	IE[2]	NA	NA	NA	IE[2]
[1A2i] Minería (con excepción de combustibles) y cantería	14,612.36	14.95	25.96	NA	NA	NA	14,653.28
[1A2j] Madera y productos de la madera	IE[2]	IE[2]	IE[2]	NA	NA	NA	IE[2]
[1A2k] Construcción	871.51	1	1.9	NA	NA	NA	874.42
[1A2l] Textiles y cueros	IE[2]	IE[2]	IE[2]	NA	NA	NA	IE[2]
[1A2m] Industria no especificada	28,563.88	38.25	52.26	NA	NA	NA	28,654.40
[1A3] Transporte	167,855.82	329.54	3,169.48	NA	NA	NA	171,354.84
[1A3a] Aviación civil	6,238.15	1.2	45.53	NA	NA	NA	6,284.89
[1A3b] Autotransporte	156,754.35	317.72	2,872.01	NA	NA	NA	159,944.08
[1A3c] Ferrocarriles	2,238.66	3.57	232.9	NA	NA	NA	2,475.13
[1A3d] Navegación marítima y fluvial	2,624.65	7.04	19.05	NA	NA	NA	2,650.74
[1A3e] Otro transporte	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A4] Otros sectores	34,460.59	2,216.63	300.9	NA	NA	NA	36,978.11
[1A4a] Comercial/ institucional	5,262.21	12.17	2.86	NA	NA	NA	5,277.24
[1A4b] Residencial	18,838.28	2,165.30	276.13	NA	NA	NA	21,279.70
[1A4c] Agropecuario/ silvicultura/ pesca/ piscifactorías	10,360.10	39.16	21.92	NA	NA	NA	10,421.18
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	15,504.33	28,914.54	NE	NA	NA	NA	44,418.87
[1B1] Combustibles sólidos	NA	7,786.77	NA	NA	NA	NA	7,786.77
[1B1a] Minería carbonífera y manejo de carbón	NA	7,786.77	NA	NA	NA	NA	7,786.77
[1B1ai] Minas subterráneas	NA	7,716.09	NA	NA	NA	NA	7,716.09
[1B1aii] Minas superficie	NA	70.68	NA	NA	NA	NA	70.68
[1B1b] Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NE

Tabla 2A.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría / fuente de emisión (IPCC 2006)	Gg de CO_2e						
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones
[1B2] Petróleo y gas natural	15,504.33	21,127.77	NE	NA	NA	NA	36,632.10
[1B2a] Petróleo	5,162.17	5,181.16	NA	NA	NA	NA	10,343.33
[1B2b] Gas natural	1,568.10	8,892.59	NA	NA	NA	NA	10,460.69
[1B2c] Quemado en petróleo y gas	8,774.05	7,054.02	NE	NA	NA	NA	15,828.07
[2] Procesos industriales y uso de productos	40,447.09	181.78	670.9	12,616.74	NA	195.25	54,111.76
[2A] Industria de los minerales	22,767.27	NA	NA	NA	NA	NA	22,767.27
[2A1] Producción de cemento	19,159.98	NA	NA	NA	NA	NA	19,159.98
[2A2] Producción de cal	3,086.55	NA	NA	NA	NA	NA	3,086.55
[2A3] Producción de vidrio	520.74	NA	NA	NA	NA	NA	520.74
[2A4] Otros usos de carbonatos	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NE
[2A5] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B] Industria química	2,831.10	181.78	670.9	1,437.73	NA	NA	5,121.51
[2B1] Producción de amoniaco	1,004.21	NA	NA	NA	NA	NA	1,004.21
[2B2] Producción de ácido nítrico	NA	NA	508.01	NA	NA	NA	508.01
[2B3] Producción de ácido adípico	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NO
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NA	NA	162.89	NA	NA	NA	162.89
[2B5] Producción de carburo	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NO
[2B6] Producción de dióxido de titanio	207.8	NA	NA	NA	NA	NA	207.8
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02	NA	NA	NA	NA	NA	40.02
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,579.06	181.78	NA	NA	NA	NA	1,760.85
[2B9] Producción fluoroquímica	NA	NA	NA	1,437.73	NA	NA	1,437.73
[2B10] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2C] Industria de los metales	14,696.50	3.22	NA	NO	NA	NA	14,696.50
[2C1] Producción de hierro y acero	12,919.47	3.22	NA	NA	NA	NA	12,922.69
[2C2] Producción de ferroaleaciones	283.4	NE	NA	NA	NA	NA	283.4
[2C3] Producción de aluminio	NO	NA	NA	NA	NO	NA	NO
[2C4] Producción de magnesio	NO	NA	NA	NO	NA	NO	NO
[2C5] Producción de plomo	137.16	NA	NA	NA	NA	NA	137.16
[2C6] Producción de zinc	1,353.25	NA	NA	NA	NA	NA	1,353.25
[2C7] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	94.3	NA	NA	NA	NA	NA	94.3
[2D1] Uso de lubricantes	77.56	NA	NA	NA	NA	NA	77.56
[2D2] Uso de la cera de parafina	16.74	NA	NA	NA	NA	NA	16.74
[2D3] Uso de disolventes	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NE
[2D4] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2E] Industria electrónica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E1] Circuitos integrados o semiconductores	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E2] Pantalla plana tipo TFT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E3] Células fotovoltaicas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E4] Fluido de transferencia térmica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E5] Otros	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NA	NA	NA	11,179.01	NO	NA	11,179.01
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado	NA	NA	NA	9,888.63	NO	NA	9,888.63
[2F2] Agentes espumantes	NA	NA	NA	420.55	NO	NA	420.55

Tabla 2A.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría / fuente de emisión (IPCC 2006)	Gg de CO_2e						
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones
[2F3] Protección contra incendios	NA	NA	NA	79.63	NO	NA	79.63
[2F4] Aerosoles	NA	NA	NA	781.86	NO	NA	781.86
[2F5] Disolventes	NA	NA	NA	8.33	NO	NA	8.33
[2F6] Otras aplicaciones	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2G] Manufactura y utilización de otros productos	NA	NA	NA	NA	NA	195.25	195.25
[2G1] Equipos eléctricos	NA	NA	NA	NA	NA	195.25	195.25
[2G2] SF6 y PFC de otros usos de productos	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE
[2G3] N_2O de usos de productos	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE
[2G4] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE
[2H] Otros	57.93	NA	NA	NA	NA	NA	57.93
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	57.93	NA	NA	NA	NA	NA	57.93
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NE
[2H3] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	-147,898.94	67,156.27	34,456.10	NA	NA	NA	-46,286.57
[3A] Ganado	NA	66,131.52	4,436.08	NA	NA	NA	70,567.60
[3A1] Fermentación entérica	NA	53,442.72	NA	NA	NA	NA	53,442.72
[3A1a] Bovinos	NA	50,121.38	NA	NA	NA	NA	50,121.38
[3A1b] Búfalos	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NO
[3A1c] Ovinos	NA	1,219.51	NA	NA	NA	NA	1,219.51
[3A1d] Caprinos	NA	1,221.50	NA	NA	NA	NA	1,221.50
[3A1e] Camellos	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NE
[3A1f] Caballos	NA	439.92	NA	NA	NA	NA	439.92
[3A1g] Mulas y asnos	NA	110.38	NA	NA	NA	NA	110.38
[3A1h] Porcinos	NA	330.03	NA	NA	NA	NA	330.03
[3A1i] Otros (especificar)	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NE
[3A2] Gestión del estiércol	NA	12,688.80	4,436.08	NA	NA	NA	17,124.88
[3A2a] Bovinos	NA	7,970.28	3,630.27	NA	NA	NA	11,600.55
[3A2b] Búfalos	NA	NO	NO	NA	NA	NA	NO
[3A2c] Ovinos	NA	35.8	IE[3]	NA	NA	NA	35.8
[3A2d] Caprinos	NA	37.83	IE[3]	NA	NA	NA	37.83
[3A2e] Camellos	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NE
[3A2f] Caballos	NA	40.9	IE[3]	NA	NA	NA	40.9
[3A2g] Mulas y asnos	NA	10.58	IE[3]	NA	NA	NA	10.58
[3A2h] Porcinos	NA	4,431.18	413.46	NA	NA	NA	4,844.64
[3A2i] Aves de corral	NA	162.24	392.35	NA	NA	NA	554.59
[3A2g] Otros (especificar)	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NE
[3B] Tierra	-148,346.07	NA	NA	NA	NA	NA	-148,346.07
[3B1] Tierras forestales	-139,970.12	NA	NA	NA	NA	NA	-139,970.12
[3B1a] Tierras forestales que permanecen como tal	-138,504.68	NA	NA	NA	NA	NA	-138,504.68
[3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales	-1,465.44	NA	NA	NA	NA	NA	-1,465.44
[3B2] Tierras de cultivo	-876.01	NA	NA	NA	NA	NA	-876.01
[3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tal	-12,215.61	NA	NA	NA	NA	NA	-12,215.61
[3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo	11,339.60	NA	NA	NA	NA	NA	11,339.60
[3B3] Praderas	-7,836.43	NA	NA	NA	NA	NA	-7,836.43

Tabla 2A.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría / fuente de emisión (IPCC 2006)	Gg de CO_2e						
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones
[3B3a] Praderas que permanecen como tales	-16,422.92	NA	NA	NA	NA	NA	-16,422.92
[3B3b] Tierras convertidas en praderas	8,586.48	NA	NA	NA	NA	NA	8,586.48
[3B4] Humedales	44.57	NA	NA	NA	NA	NA	44.57
[3B4a] Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
[3B4b] Tierras convertidas en humedales	44.57	NA	NA	NA	NA	NA	44.57
[3B5] Asentamientos	137.57	NA	NA	NA	NA	NA	137.57
[3B5a] Asentamientos que permanecen como tales	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NE
[3B5b] Tierras convertidas en asentamientos	137.57	NA	NA	NA	NA	NA	137.57
[3B6] Otras tierras	154.36	NA	NA	NA	NA	NA	154.36
[3B6a] Otras tierras que permanecen como tales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B6b] Tierras convertidas en otras tierras	154.36	NA	NA	NA	NA	NA	154.36
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra	447.13	1,024.76	30,020.02	NA	NA	NA	31,491.90
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa	NA	859.99	291.5	NA	NA	NA	1,151.49
[3C1a] Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales	NA	161.97	66.79	NA	NA	NA	228.76
[3C1b] Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo	NA	671.34	203.53	NA	NA	NA	874.87
[3C1c] Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas	NA	26.69	21.17	NA	NA	NA	47.86
[3C1d] Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C2] Encalado	37.42	NA	NA	NA	NA	NA	37.42
[3C3] Aplicación de urea	409.71	NA	NA	NA	NA	NA	409.71
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados	NA	NA	22,992.89	NA	NA	NA	22,992.89
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados	NA	NA	5,821.98	NA	NA	NA	5,821.98
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión del estiércol	NA	NA	913.66	NA	NA	NA	913.66
[3C7] Cultivo de arroz	NA	164.76	NA	NA	NA	NA	164.76
[3D1] Productos de madera recolectada	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NE
[3D2] Otros (especificar)	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NE
[4] Residuos	730.23	43,093.22	2,085.57	NA	NA	NA	45,909.01
[4A] Disposición final de residuos sólidos	NA	21,920.61	NA	NA	NA	NA	21,920.61
[4A1] Sitios gestionados de disposición de residuos (rellenos sanitarios)	NA	17,007.47	NA	NA	NA	NA	17,007.47
[4A2] Sitios no controlados de disposición de residuos	NA	2,456.29	NA	NA	NA	NA	2,456.29
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para disposición de residuos	NA	2,456.85	NA	NA	NA	NA	2,456.85

Tabla 2A.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría / fuente de emisión (IPCC 2006)	Gg de CO_2e						
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones
[4B] Tratamiento biológico de residuos sólidos	NA	116.69	82.83	NA	NA	NA	199.51
[4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos	730.23	620.42	136.51	NA	NA	NA	1,487.15
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	23.72	0.11	1.03	NA	NA	NA	24.85
[4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos	706.51	620.31	135.48	NA	NA	NA	1,462.30
[4D] Tratamiento y descargas de aguas residuales	NA	20,435.51	1,866.23	NA	NA	NA	22,301.74
[4D1] Tratamiento y descargas de aguas residuales municipales	NA	3,726.20	1,866.23	NA	NA	NA	5,592.44
[4D2] Tratamiento y descargas de aguas residuales industriales	NA	16,709.30	NE	NA	NA	NA	16,709.30
[4E] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Emisiones netas (incluyendo las absorciones de [3B] Tierra)	338,676.75	142,076.11	41,048.19	12,616.74	NO	195.25	534,613.03
Emisiones (sin absorciones netas de [3B] Tierra)	487,022.81	142,076.11	41,048.19	12,616.74	NO	195.25	682,959.01
Bunkers	4,856.19	0.94	35.44	NA	NA	NA	4,892.57
Aviación internacional	4,856.19	0.94	35.44	NA	NA	NA	4,892.57
Marítimo internacional	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NE
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	26,524.32	NA	NA	NA	NA	NA	26,524.32

Nota. Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa son informativas y no se encuentran contabilizadas al total del inventario.

NA: no aplica.

NE: no estimado (para más detalles véase el apartado correspondiente).

NO: no ocurre (para más detalles véase el apartado correspondiente).

IE: incluido en otro lugar.

IE[1]: reportado en [1A2b] metales no ferrosos.

IE[2]: reportado en [1A2m] industria no especificada.

IE[3]: reportado en [3C4] emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados y [3C6] emisiones indirectas de los N_2O de la gestión del estiércol.

Anexo B

Tabla 2B.1. Niveles (TIER) de las estimaciones de las emisiones de las fuentes, de acuerdo con los árboles de decisión del IPCC, 2006

Sector/ categoría / subcategoría/ fuente de emisión (IPCC 2006)	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE
[1] Energía	T1, T2, IE, NA	D, CS, IE, NA	T1, IE, NA, NE	D, IE, NE	T1, IE1, IE2, NA, NE	D, NE, IE1, IE2, NA, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A] Actividades de quema de combustible	T2, IE, NA	CS, IE, NA	T1, IE, NA	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A1] Industrias de la energía	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A1b] Refinación de petróleo	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A1c] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	T2, IE	CS, IE	T1, IE	D, IE	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2a] Hierro y acero	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2b] Metales no ferrosos	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2c] Sustancias químicas	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2d] Pulpa, papel e imprenta	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2f] Minerales no metálicos	IE1	IE1	IE1	IE	IE1	IE1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2g] Equipo de transporte	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2h] Maquinaria	IE2	IE2	IE2	IE	IE2	IE2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2i] Minería (con excepción de combustibles) y cantería	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2j] Madera y productos de la madera	IE2	IE2	IE2	IE	IE2	IE2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2k] Construcción	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2l] Textiles y cueros	IE2	IE2	IE2	IE	IE2	IE2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A2m] Industria no especificada	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A3] Transporte	TA, NA	TA, NA	T1, NA	D, NA	T1, NA	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A3a] Aviación civil	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A3b] Autotransporte	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A3c] Ferrocarriles	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A3d] Navegación marítima y fluvial	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A3e] Otro transporte	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A4] Otros sectores	TA	TA	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 2B.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría/ fuente de emisión (IPCC 2006)	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE
[1A4a] Comercial/ institucional	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A4b] Residencial	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1A4c] Agropecuario/ silvicultura/ pesca/ piscifactorías	T2	CS	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	T1, NA	D, NA	T1, NE	D, NE	NA, NE	NA, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B1] Combustibles sólidos	NA	NA	T1, NE	D, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B1a] Minería carbonífera y manejo del carbón	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B1ai] Minas subterráneas	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B1aii] Minas superficie	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B1b] Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón	NA	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B2] Petróleo y gas natural	T1	D	T1	D	NA, NE	NA, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B2a] Petróleo	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B2b] Gas natural	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[1B2c] Quemado en petróleo y gas	T1	D	T1	D	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2] Procesos industriales y uso de productos	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	T1, NA, NE, NO	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA, NO, NE
[2A] Industria de los minerales	T1, NE, NA	D, NE, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2A1] Producción de cemento	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2A2] Producción de cal	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2A3] Producción de vidrio	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2A4] Otros usos de carbonatos	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2A5] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B] Industria química	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1,NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO,	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA,	NA	NA	NA	NA
[2B1] Producción de amoniaco	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B2] Producción de ácido nítrico	NA	NA	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B3] Producción de ácido adípico	NA	NA	NA	NA	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NA	NA	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B5] Producción de carburo	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B6] Producción de dióxido de titanio	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B7] Producción de ceniza de sosa	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 2B.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría/ fuente de emisión (IPCC 2006)	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2B9] Producción fluoroquímica	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA
[2B10] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2C] Industria de los metales	T1, NO, NA	D, NO, NA	T1, NE, NA	D, NE, NA	NA	NA	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
[2C1] Producción de hierro y acero	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2C2] Producción de ferroaleaciones	T1	D	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2C3] Producción de aluminio	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO	NO	NO
[2C4] Producción de magnesio	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NO	NO	NA	NA	NO	NO
[2C5] Producción de plomo	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2C6] Producción de zinc	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2C7] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	T1, NE, NA	D, NE, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2D1] Uso de lubricantes	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2D2] Uso de la cera de parafina	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2D3] Uso de disolventes	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2D4] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2E] Industria electrónica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E1] Circuitos integrados o semiconductores	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E2] Pantalla plana tipo TFT	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E3] Células fotovoltaicas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E4] Fluido de transferencia térmica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2E5] Otros	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NA	NA	NA	NA	NA	NA	TI, NA	D, NA	NO, NA	NO, NA	NA	NA
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D	NO	NO	NA	NA
[2F2] Agentes espumantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D	NO	NO	NA	NA
[2F3] Protección contra incendios	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D	NO	NO	NA	NA
[2F4] Aerosoles	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D	NO	NO	NA	NA
[2F5] Disolventes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D	NO	NO	NA	NA
[2F6] Otras aplicaciones	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2G] Manufactura y utilización de otros productos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1, NE	D, NE
[2G1] Equipos eléctricos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	D
[2G2] SF6 y PFC de otros usos de productos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE
[2G3] N_2O de usos de productos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE

Tabla 2B.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría/ fuente de emisión (IPCC 2006)	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE
[2G4] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE
[2H] Otros	T2, NA, NE	CS, NA, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	T2	CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[2H3] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	NA	NA	T1, T2, NO, NE, NA	D, NO, NE, NA	NA, NO, NE	NA, NO, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A] Ganado	NA	NA	T1/ T2, NO, NE	D, CS, NO, NE	T1/T2, IE, NA, NE	D, IE, NA, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1] Fermentación entérica	NA	NA	T1/T2, NE, NA	D, NE, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1a] Bovinos	NA	NA	T1/T2	D/Cs	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1b] Búfalos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1c] Ovinos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1d] Caprinos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1e] Camellos	NA	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NA
[3A1f] Caballos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1g] Mulas y asnos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1h] Porcinos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A1i] Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2] Gestión del estiércol	NA	NA	T1/T2, NO, NE	D, NO, NE	T1/T2, NE	D, IE, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2a] Bovinos	NA	NA	T1/T2	D	T1/T2	D/CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2b] Búfalos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2c] Ovinos	NA	NA	T1	D	IE3	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2d] Caprinos	NA	NA	T1	D	IE3	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2e] Camellos	NA	NA	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2f] Caballos	NA	NA	T1	D	IE3	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2g] Mulas y asnos	NA	NA	T1	D	IE3	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2h] Porcinos	NA	NA	T1/T2	D/CS	T1/T2	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2i] Aves de corral	NA	NA	T1/T2	D/CS	T1/T2	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3A2g] Otros (especificar)	NA	NA	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B] Tierra	T1, T2	D, CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B1] Tierras forestales	T2	CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B1a] Tierras forestales que permanecen como tal	T2	CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales	T2	CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B2] Tierras de cultivo	T1, T2	D, CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 2B.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría/ fuente de emisión (IPCC 2006)	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE
[3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tal	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo	T1/T2	D/CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B3] Praderas	T1, T2	D, CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B3a] Praderas que permanecen como tal	T2	CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B3b] Tierras convertidas en praderas	T1/T2	D/CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B4] Humedales	T1, T2, NE	D, CS, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B4a] Humedales que permanecen como tal	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B4b] Tierras convertidas en humedales	T1/T2	D/CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B5] Asentamientos	T1, T2, NE	D, CS, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B5a] Asentamientos que permanecen como tal	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B5b] Tierras convertidas en asentamientos	T1/T2	D/CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B6] Otras tierras	T1, T2, NA	D, CS, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B6a] Otras tierras que permanecen como tal	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3B6b] Tierras convertidas en otras tierras	T1/T2	D/CS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO2 de la tierra	T1, NA, NE	D, NA, NE	T1, NA	D, NA	T1, NA	D, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa	T1, NA	D, NA	T1, NA	D, NA	T1, NA	D, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C1a] Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales	NA	NA	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C1b] Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo	NA	NA	T2	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C1c] Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas	NA	NA	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C1d] Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C2] Encalado	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C3] Aplicación de urea	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados	NA	NA	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 2B.1. (Continuación)

Sector/ categoría / subcategoría/ fuente de emisión (IPCC 2006)	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE	Método aplicado	FE
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados	NA	NA	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión del estiércol	NA	NA	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3C7] Cultivo de arroz	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3D1] Productos de madera recolectada	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[3D2] Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4] Residuos	T1, NA	D, NA	T1, NA	D, NA	NA, NE	NA, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4A] Disposición final de residuos sólidos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4A1] Sitios gestionados de disposición de residuos (rellenos sanitarios)	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4A2] Sitios no controlados de disposición de residuos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para disposición de residuos	NA	NA	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos	NA	NA	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos	T1	D	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	T1	D	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4C2] Quema a cielo abierto de residuos-sólidos	T1	D	T1	D	T1	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4D] Tratamiento y descargas de aguas residuales	NA	NA	T1/T2	D/CS	T1/T2, NE	D, NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4D1] Tratamiento y descargas de aguas residuales municipales	NA	NA	T1/T2	D/CS	T1/T2	D	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4D2] Tratamiento y descargas de aguas residuales industriales	NA	NA	T1/T2	D/CS	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
[4E] Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA: no aplica.
NE: no estimado (para más detalles véase el apartado correspondiente del INEGYCEI (INECC y SEMARNAT,2018)).
NO: no ocurre (para más detalles véase el apartado correspondiente INEGYCEI (INECC y SEMARNAT, 2018).
IE: incluido en otro lugar.
IE[1]: reportado en [1A2b] metales no ferrosos.
IE[2]: reportado en [1A2m] industria no especificada.
IE[3]: reportado en [3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados y [3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión del estiércol.
CS: País específico.
D: Por defecto.
Fuente: INECC y SEMARNAT, 2018.

2.2 Forzantes climáticos de vida corta en México

El propósito de alcanzar las metas establecidas en el Acuerdo de París involucra no solamente la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también una mitigación integral (**Figura 2.36**) que incluya a los forzantes climáticos (Seshadri, 2015).

Reducir las emisiones de forzantes climáticos de vida corta (FCVC), cuyo impacto sobre el clima ocurre principalmente en la primera década (IPCC, AR5),[15] es de gran importancia para mitigar su impacto en el sistema climático global y también por los beneficios resultantes en la salud humana y de los ecosistemas, puesto que es una manera de mejorar la calidad del aire y de aliviar los daños directos en los cultivos agrícolas, que es una acción de seguridad alimentaria.

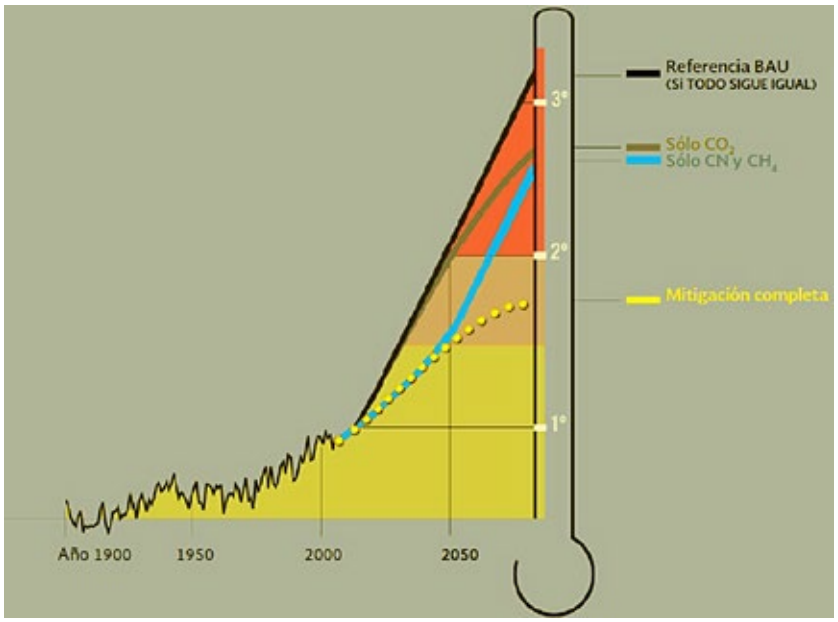
La comunidad científica reconoce que las acciones de mitigación que incluyan a los FCVC traerán consigo beneficios climáticos para contribuir a que el incremento en la temperatura ambiente no rebase el 1.5°C al 2030 y no exceda, en el mediano plazo, los 2°C (Shindell, Borgford-Parnell *et al.,* 2017).

Con tal orientación, en 2010, México estableció una serie de acciones para evaluar el nivel de emisiones de FCVC y fomentar las medidas correspondientes de mitigación. En 2011 se desarrolló un primer estudio, "Temas emergentes en el cambio climático: el metano y el carbono negro, posibles cobeneficios y desarrollo de planes de investigación" (INE, 2011). Los principales objetivos del estudio fueron: evaluar el grado de actualización que tenía la investigación en el tema; estimar las emisiones en México; diseñar un programa de investigación estratégica para determinar los procesos atmosféricos de esos compuestos, así como sus efectos; y estimar factores de emisión acordes a la realidad del país, con la finalidad de mejorar los inventarios de emisiones y establecer las mejores rutas de mitigación.

En 2012 México participó en la Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC, por sus siglas en inglés) como país miembro y fundador, y consolidó su compromiso internacional al incorporar al contexto nacional acciones y estrategias que incluyeron metas

[15] AR5: Fifth Assesment Report, *Quinto informe de evaluación* del IPCC.

Figura 2.36. **Beneficios de la mitigación integral con GEI y FCVC**



Fuente: CCAC-INECC 2015.

para reducir los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), un grupo específico de forzantes climáticos:

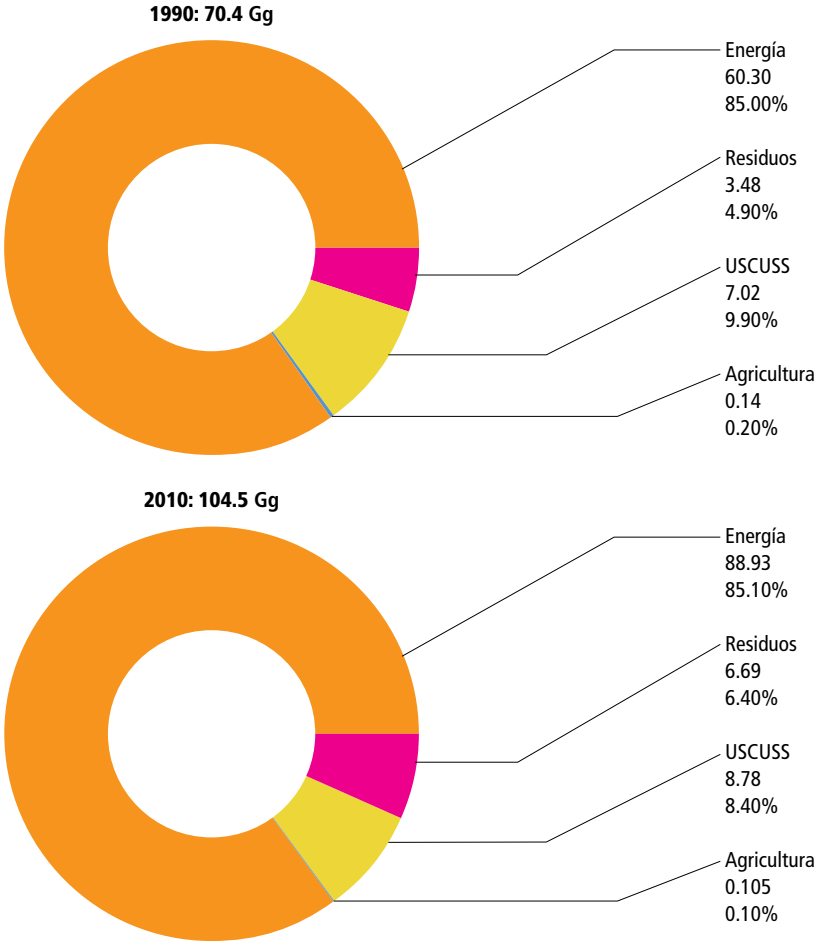
- Carbono negro
- Metano (CH_4)
- Ozono troposférico (O_3)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)

El mismo año se publicó la *Quinta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (INECC y SEMARNAT, 2012), incluyendo a los forzantes climáticos en los esfuerzos y compromisos de mitigación, mencionándolos por primera vez en el apartado de temas emergentes, donde se presenta el primer "Inventario Nacional de Emisiones de Carbono Negro año base 2010" contrastado con estimaciones del año 1990 (**Figura 2.37**). Ahí se señaló la importancia de los efectos directos sobre el cambio climático, la calidad del aire y la salud ambiental.

En el contexto nacional, durante la promulgación de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) se hizo referencia a estos compuestos y se incluyeron explícitamente, sentando así las bases del instrumento normativo que permite definir, en su forma más amplia, las acciones y estrategias de mitigación. La LGCC establece que la política nacional de mitigación debe privilegiar las acciones con mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que brinden los mayores beneficios y bienestar para la población, y una de tales acciones relevantes es la reducción de los grandes emisores de forzantes climáticos.

Durante 2013, en una colaboración de México con la CCAC, la SEMARNAT, el INECC y el Molina Center for Energy and the Environment (MCE2) se desarrolló la primera fase de apoyo a la planeación nacional en el marco de la iniciativa SNAP (Support National Action and Planning), sintetizada en el documento "Apoyo a la iniciativa de planificación nacional sobre contaminantes climáticos de vida corta en México" (INECC, 2013). El resultado de esta primera fase generó diversos elementos de diagnóstico sobre los factores de emisión, propuso las metodologías para estimar los CCVC en México, e identificó a los principales sectores con mayor potencial de mitigación de emisiones de carbono negro y metano, con base en elementos de diagnóstico sectorial. Los CCVC quedaron incluidos en

Figura 2.37. **Distribución relativa de las emisiones de carbono negro en 1990 y 2010**



INECC y SEMARNAT, 2012

tres instrumentos de planeación nacional: la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 y la Estrategia Nacional de Calidad del Aire.

En 2015 se presentó el Informe Bienal de Actualización (BUR, por Biennial Update Report) ante la CMNUCC, derivado de un trabajo conjunto entre SEMARNAT, INECC y otras instituciones. En ese documento destacan los procesos de mejora en las estimaciones de las emisiones sectoriales de carbono negro, con respecto al año base 2010.

También en 2015, México presentó su compromiso ante la CMNUCC con el objetivo de intensificar las acciones que se llevarían a cabo en el país para reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, a través de las contribuciones nacionales previstas y determinadas (INDC, por Intended Nationally Determined Contributions), y fue el único país en incluir al carbono negro.

En noviembre de 2017, la CCAC, el INECC y la iniciativa SNAP iniciaron la segunda fase del proyecto "Apoyo a la iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México 2017-2019", con el objetivo de fortalecer y desarrollar las rutas nacionales integradas para reducir los CCVC, mediante la suma de esfuerzos en mitigación de cambio climático y mejoramiento de la calidad del aire, para cumplir con metas climáticas que beneficien la salud humana, la productividad agrícola y la salud de los ecosistemas.

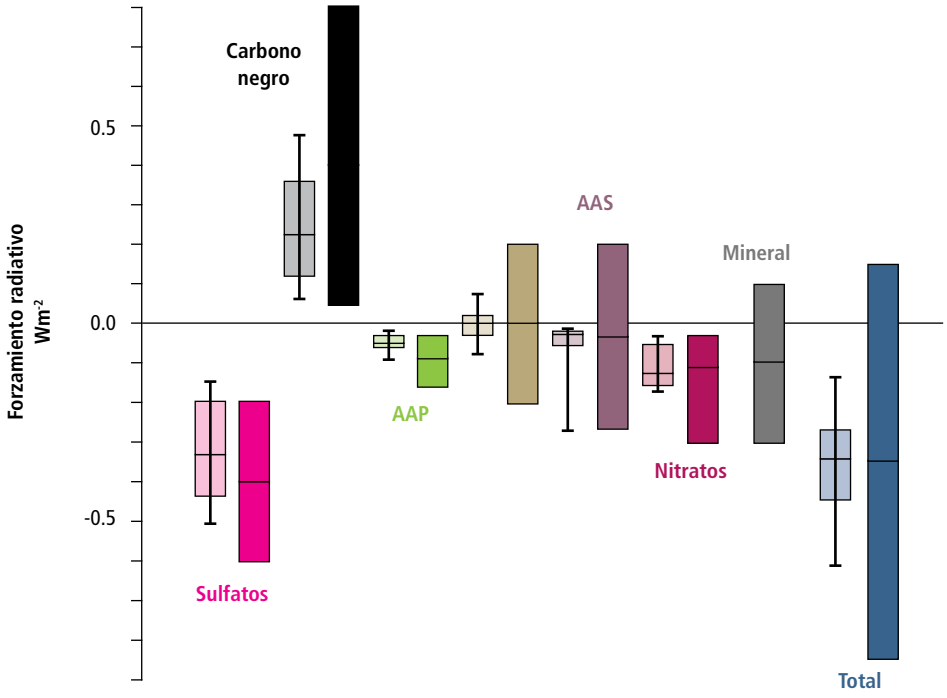
Convergencia de contaminación atmosférica y cambio climático

Modelo sistémico de los forzantes climáticos con la contaminación atmosférica y el cambio climático

La importancia de la relación entre cambio climático y contaminación atmosférica se puede comprender desde un enfoque sistémico, donde ambos elementos mantienen relaciones afines con respecto a las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y la interacción con los receptores y sus efectos. Por ejemplo, el ozono troposférico y el material particulado son los principales contaminantes climáticos que actúan de manera directa con la radiación, como es el caso del carbono negro que se encuentra en la fracción fina del material particulado ($PM_{2.5}$) y que absorbe la radiación solar. En contraste, los sulfatos, que también se encuentran en el material particulado, dispersan la radiación, generando el efecto contrario, como es el enfriamiento (Fiore *et al.*, 2015).

La mayor preocupación sobre los forzantes climáticos es el incremento de la temperatura y su contribución al calentamiento global debido al forzamiento radiativo. En este sentido, es relevante analizar las aportaciones de todas aquellas especies químicas en forma de gases y aerosoles (**Figura 2.38**) que contribuyen al forzamiento radiativo, entre las que se incluyen los FCVC.

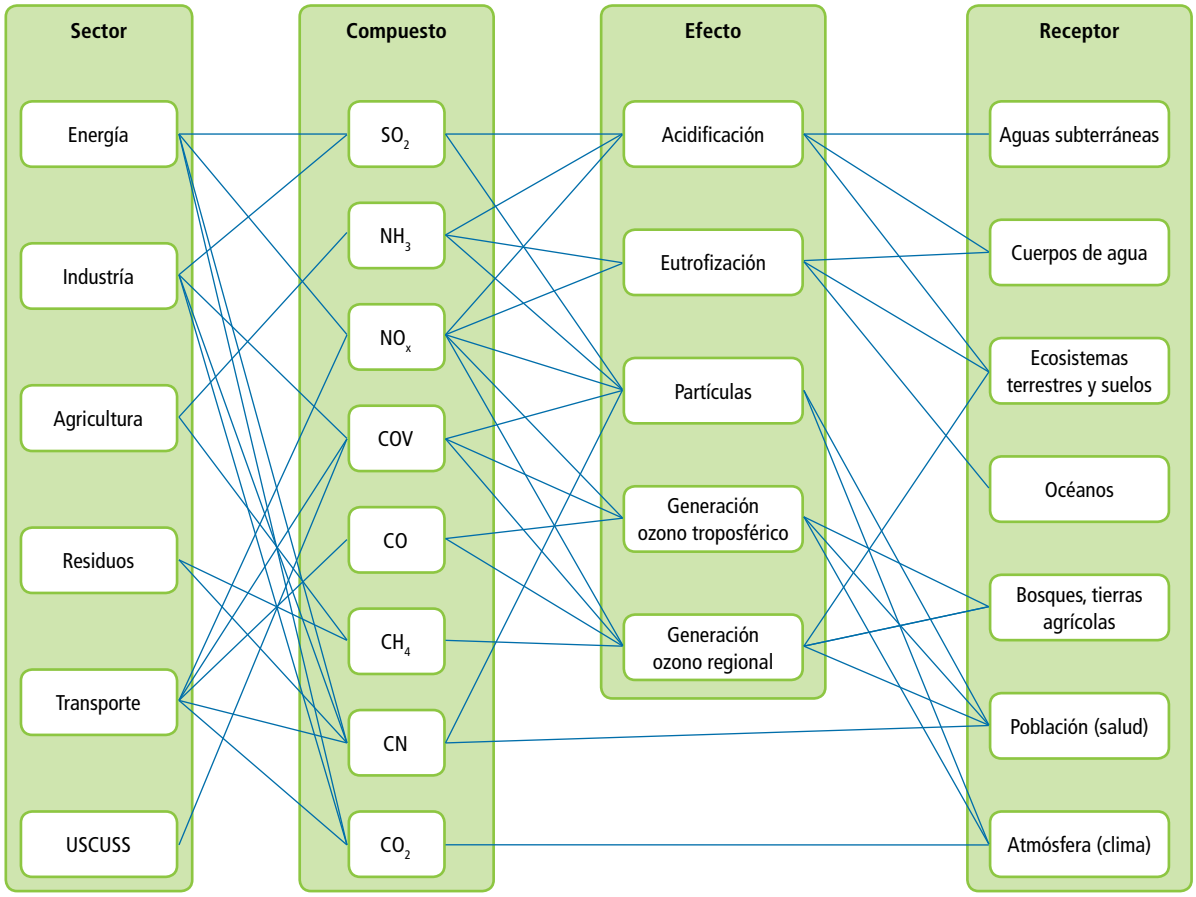
Figura 2.38. **Media anual del forzamiento radiativo debido a la interacción de los diferentes aerosoles, incluido el carbono negro**



AAP: Aerosol atmosférico primario; AAS: Aerosol atmosférico secundario.
Fuente: IPCC, 2013.

Se espera que los efectos del cambio climático se incrementarán debido a la mala calidad del aire, con impacto directo sobre la población y los ecosistemas, derivados de la perturbación en la dinámica atmosférica global (Ibarrarán *et al.,* 2017). En este sentido, México ha mantenido su compromiso de reducir emisiones de GEI y considera que la relación entre la calidad del aire y el cambio climático puede comprenderse desde la perspectiva de los FCVC. Los múltiples beneficios que se obtienen realizando acciones simultáneas permiten reducir los impactos negativos en el corto plazo para el cambio climático y mejorar la calidad del aire (Shindell, Borgford-Parnell *et al.,* 2017). La relación inherente y bidireccional de la calidad del aire y el cambio climático plantea una visión sistémica (**Figura 2.39**) y holística que permite establecer estrategias y acciones tendentes hacia objetivos y beneficios para mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire, y por lo tanto la salud ambiental en el corto plazo (INECC-PNUD 2018, Ruiz- Suárez *et al.*, 2018).

Figura 2.39. **Enfoque sistémico de los forzantes climáticos y los gases de efecto invernadero**



Correspondencia entre los principales sectores, las emisiones y los efectos en los diferentes receptores.
Fuente: INECC-PNUD, 2018.

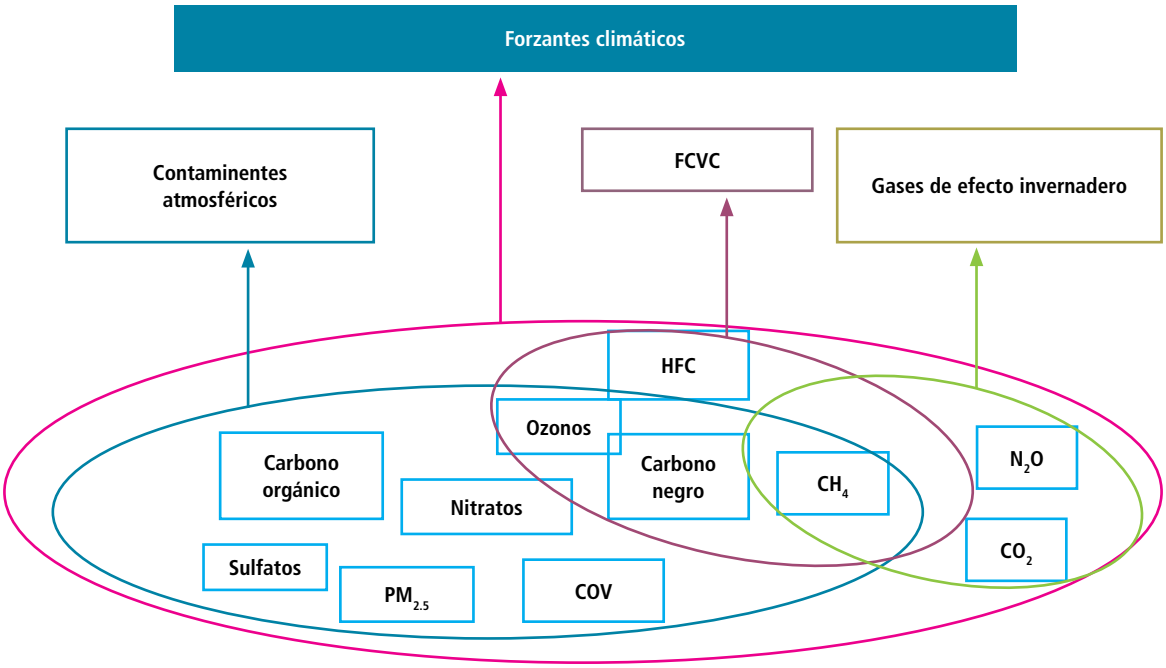
Características y principales fuentes de emisión de los FCVC

Los forzantes climáticos se denominan así porque son gases y compuestos que alteran el forzamiento radiativo (**Figura 2.40**). Entre ellos se incluyen los gases de efecto invernadero, como son el dióxido de carbono, el metano, el ozono troposférico, los clorofluorocarbonos y los hidrofluorocarbonos, así como las especies emitidas en procesos de combustión ineficiente, como son el monóxido de carbono (CO) y el carbono negro. Todos ellos contribuyen al aumento de la temperatura ambiente. En contraste, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), carbono orgánico y dióxido de azufre (SO_2) tienen una contribución negativa al forzamiento radiativo y, por lo tanto, pueden ocasionar una reducción en la temperatura (IPCC, 2013).

El carbono negro y el ozono afectan la atmósfera inferior en regiones donde alteran la formación de nubes y los patrones de circulación, lo que algunas veces provoca efectos climáticos destructivos o indeseables, como algunos ciclones tropicales, frecuentes en los litorales de México, o bien carbono negro depositado sobre la superficie de la nieve, donde facilita la absorción de la luz solar y favorece el derretimiento, situación extendida en zonas con coberturas de nieve que se encuentren a lo largo del territorio nacional.

Es importante destacar que el carbono negro se encuentra en la mayor parte del material particulado ($PM_{2.5}$), junto con otras especies químicas que son producto de la combustión incompleta. La importancia de las fuentes de material particulado proviene del riesgo que representan entre las principales causas de enfermedades y muertes prematuras. Se estima que cada año mueren aproximadamente 3.5 millones de personas por exposición a contaminación con $PM_{2.5}$ (S.S. Lim *et al.*, 2012).

Figura 2.40. **Los forzantes climáticos y su relación con los contaminantes atmosféricos**



Los forzantes climáticos de vida corta y los gases de efecto invernadero (INECC modificada Stockholm Enviroment Institute-SEI).

El ozono, cuyos precursores principales son los compuestos orgánicos volátiles (COV), los NO_x y el CH_4, es un forzante climático y es también un contaminante del aire que afecta la estructura y las funciones de los ecosistemas, la salud humana y, dado que entre sus efectos se cuenta el de alterar los procesos de absorción del CO_2 por las plantas y, con ello, su crecimiento y variedad, incide también sobre la productividad agrícola, lo que constituye una amenaza a la seguridad alimentaria.

En México hay enormes regiones agrícolas y otras que dependen en muchos sentidos de los ecosistemas; por lo tanto, las acciones específicas de reducción de precursores son relevantes para evitar los impactos negativos y mantener la sustentabilidad. Con respecto a la salud, el O_3 es considerado uno de los principales contaminantes criterio regulados y se mantiene un programa de monitoreo en las principales ciudades del país.

Por otra parte, en el más reciente inventario de gases y compuestos de efecto invernadero 2015 (INECC y SEMARNAT, 2018), se determinaron las principales fuentes de emisión de metano en el país, que se presentan a continuación, en orden de mayor contribución:

[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)
Este sector aporta 47% del total de emisiones de CH_4, debido a la actividad ganadera y sus excretas, principalmente las del ganado bovino.

[4] Residuos
Aporta 30% de las emisiones totales, principalmente asociado a la eliminación de residuos sólidos, a los rellenos sanitarios y al tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.

[1] Energía
Este sector aporta 22% del total, principalmente por emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles.

Por su parte, las emisiones de carbono negro en el país son generadas principalmente en los siguientes sectores:

[1] Energía
Las actividades con mayores emisiones son las de transporte, con 28% del total, y principalmente las de la fuente autotransporte, asociado a los vehículos con motor a diésel.

[1A2] Industria
La fuente principal es la quema de bagazo en el procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, con 26%.

[1A4] Energía, otros sectores
La fuente residencial [1A4b] contribuye con el 26%, debido a la quema de leña.

Estas actividades contribuyen con más de 80% de las emisiones de carbono negro reportadas. Los sectores [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y [4] Residuos aportan alrededor de 6% de las emisiones totales, asociadas con actividades de quema de biomasa en tierras de cultivo y a la quema a cielo abierto de residuos sólidos.

Las emisiones de HFC se generan en el sector [2] Procesos industriales y uso de productos, derivadas de la categoría [2B] Industria química y sus subcategorías [2B9] Producción fluoroquímica, que contribuye con 11% de las emisiones, o la categoría [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, en las subcategorías [2F1] Refrigeración y aire acondicionado, que contribuye con más de 79% de las emisiones, y [2F2] Agentes espumantes, [2F3] Protección contra incendios, [2F4] Aerosoles, [2F5] Disolventes y [2F6] Otras aplicaciones, que suman el 10% restante.

Compromisos y acciones para reducir los forzantes climáticos

Contexto internacional

México mantiene un firme compromiso en reducir sus emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, y participa de manera continua con otros países y diversos organismos internacionales. En 2015, participó junto con Canadá y Estados Unidos –dentro de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CEC, por sus siglas en inglés)– en la revisión de las metodologías para estimar el carbono negro en los tres países, generando el reporte "Directrices para la estimación de las emisiones de carbono negro de América del Norte" (CCA, 2015). En 2017, durante la sesión del IPCC-44, México, Chile y Kenia acordaron discutir de manera amplia los temas relacionados con los FCVC. En 2018, durante la IPCC-45, México destacó la necesidad de desarrollar metodologías para: elaborar los inventarios; estimar las emisiones de FCVC –especialmente las de carbono negro–; establecer métricas comunes, y cuantificar las acciones de mitigación dentro de un esquema similar al de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de GEI.

En otro contexto, en la relación de trabajo con los países y organizaciones internacionales que participan en la CCAC, México ha refrendado su compromiso y participa activamente en varias iniciativas para establecer rutas de mitigación sectoriales para cumplir con los compromisos climáticos, mejorar la calidad del aire y reducir los riesgos a la salud.

Compromisos nacionales

El primer análisis de las medidas y acciones de reducción de carbono negro y metano en México, en 2013 (MCE2-INECC, 2013), quedó a cargo de varios grupos de trabajo de diferentes instituciones y entre ellas la CCAC, el MCE2, la SEMARNAT y el INECC, que definieron algunas medidas preliminares de mitigación (**Cuadros 2.1** y **2.2**).

Después de definir sus contribuciones nacionales, México estableció acciones sectoriales para los grandes emisores de forzantes climáticos. Varias instituciones coordinadas por el INECC, con apoyo del GEF y la CCAC, elaboraron el documento "Avances y oportunidades para reducir contaminantes climáticos de vida corta" (CCAC-UNEP, 2018), en el que definieron una serie de medidas y acciones en las actividades con mayor potencial en el país, para reducir carbono negro, como son: petróleo y gas, transporte, residencial, agrícola y pequeña industria. De igual manera se identificaron medidas clave para la reducción de emisiones de metano en las actividades de agricultura, ganadería, residuos sólidos municipales, aguas residuales y energía (carbón, petróleo y gas). Finalmente, se destacaron algunas medidas para abordar las crecientes emisiones de HFC en diferentes industrias, en particular la automotriz.

Cuadro 2.1. Medidas de mitigación para carbono negro desarrolladas durante la primera fase de planeación nacional en México, 2013

	Producción de petróleo y gas
BC-1	Recuperación y utilización, en lugar de ventilación, del gas asociado a los procesos de producción, y la mejora del control de las emisiones no intencionales y fugitivas del proceso.
	Estufas
BC-2	Promover la sustitución de estufas tradicionales (fuego abierto) por estufas mejoradas en los municipios rurales con alto nivel de pobreza (índice de marginación alta y muy alta).
BC-3	Desarrollo de las políticas sociales y ambientales implementadas por SEDESOL, SEMARNAT, CONAFOR, PESA-SAGARPA, orientado a la sustitución de las estufas tradicionales (fogón) por estufas mejoradas, en la zona semirrural.
	Transporte
BC-4	Disponibilidad nacional de los combustibles diésel de ultrabajo azufre para vehículos. Normas más estrictas de emisiones.

	Quema de la precosecha de caña de azúcar
BC-5	Fomentar la mecanización de la cosecha de caña de azúcar.
	Incendios forestales
BC-6	Reforzamiento del Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales (CONAFOR)
BC-7	Reforzamiento y control de la NOM-015 SEMARNAT-SAGARPA.
	Hornos de ladrillos
BC-8	Reemplazo de los hornos tradicionales de ladrillo con hornos de ladrillo mejorados.
	Generación de electricidad
BC-9	Sustitución de equipos de ciclo combinado por sistemas alternativos (por ejemplo, parques eólicos).

Cuadro 2.2. **Medidas de mitigación para metano desarrolladas durante la primera fase de planeación nacional en México, 2013**

	Ganado
MT-1	Instalación de sistemas de manejo integral de estiércol, que incluye la implementación de biodigestores y el uso del metano recuperado en las granjas (de cerdos y de ganado lechero y de carne).
MT-2	Mejora de la dieta y el manejo del pastoreo de ganado, las variaciones en la ruta metabólica, etc.
	Residuos sólidos municipales
MT-3	Reforzar y promover los programas para la separación de residuos sólidos urbanos (RSU), aumentar el número de "programas 3R" de reciclaje (reducir, reutilizar y reciclar) considerado en la LGPGIR.
MT-4	Promover la recuperación de metano en los rellenos sanitarios y utilizarlo para generar energía.
	Producción de petróleo y gas
MT-5	Incrementar la recuperación, y en vez de ventilar el gas asociado, utilizarlo, así como mejorar el control de las emisiones no intencionales y fugitivas de la producción de petróleo y gas.
	Aguas residuales municipales
MT-6	Mejorar la gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales y la recuperación de metano.
MT-7	Mejorar el tratamiento primario de aguas residuales a secundario y terciario con recuperación del gas y el control de desbordamiento.
	Minería del carbón
MT-8	Extender la desgasificación y recuperación pre-mina y oxidación del metano del aire de ventilación de las minas de carbón.
	Generación de electricidad
MT-9	Sustitución de equipos de ciclo combinado por sistemas alternativos (por ejemplo, parques eólicos).

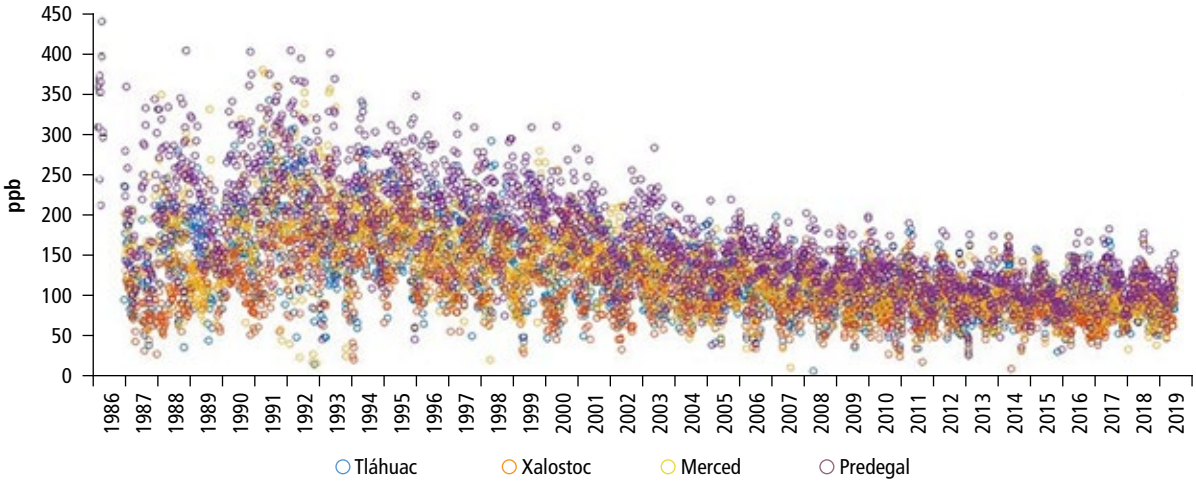
Ozono troposférico como forzante climático y sus precursores

El ozono (O_3) es un oxidante de origen fotoquímico. Ha demostrado ser un gas tóxico, ya que su presencia en la troposfera está vinculada con efectos negativos directos sobre la salud; reduce la producción en los cultivos agrícolas, daña los ecosistemas y, en el caso particular de la especie humana, se le asocia con 150,000 muertes prematuras al año (S.S. Lim *et al.*, 2012).

Por otra parte, se estima que contribuye con 16% al efecto total de calentamiento provocado por los principales gases antropogénicos de efecto invernadero emitidos hasta hoy (Agencia Europea de Medio Ambiente, (1998). En México, el O_3 se ha convertido en un problema de calidad del aire en las zonas metropolitanas. Desde esa perspectiva, es un problema de salud y como tal ha sido atendido por más de cinco lustros, mediante programas de monitoreo atmosférico en las principales ciudades mexicanas.

Desde una perspectiva climática, el ozono es un forzante climático que representa el doble reto de monitorearlo y reducirlo, ante la necesidad de mitigar los efectos sobre el cambio climático, a la vez que mejorar la calidad del aire. Esto exige acciones conjuntas y articuladas en actividades de transporte, residenciales y de manejo de residuos. La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es la región en la que comenzó el monitoreo y donde ambos objetivos están igualmente sujetos a mediciones de corto, mediano y largo plazo (**Figura 2.41**).

Figura 2.41. **Histórico de los máximos de ozono para las estaciones de la ZMVM**



Fuente: SEDEMA, INECC, 2016.

Reporte nacional de emisiones de COV, año base 2014

El estudio de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, unos de los principales precursores de O_3, ha avanzado con la finalidad de identificar los principales emisores y definir medidas de mitigación sobre las fuentes. En 2017 se desarrolló un "Reporte nacional de emisiones de compuestos orgánicos volátiles" INECC-PNUD (2017), con un enfoque especial sobre los precursores de origen orgánico, año base 2014, con resolución espacial municipal.

Se determinaron las emisiones de las siguientes fuentes:

- Área (zonas habitacionales, comercios).
- Móviles (transporte carretero y no carretero).
- Puntuales (industrias).
- Biogénicas (cultivos y ecosistemas).

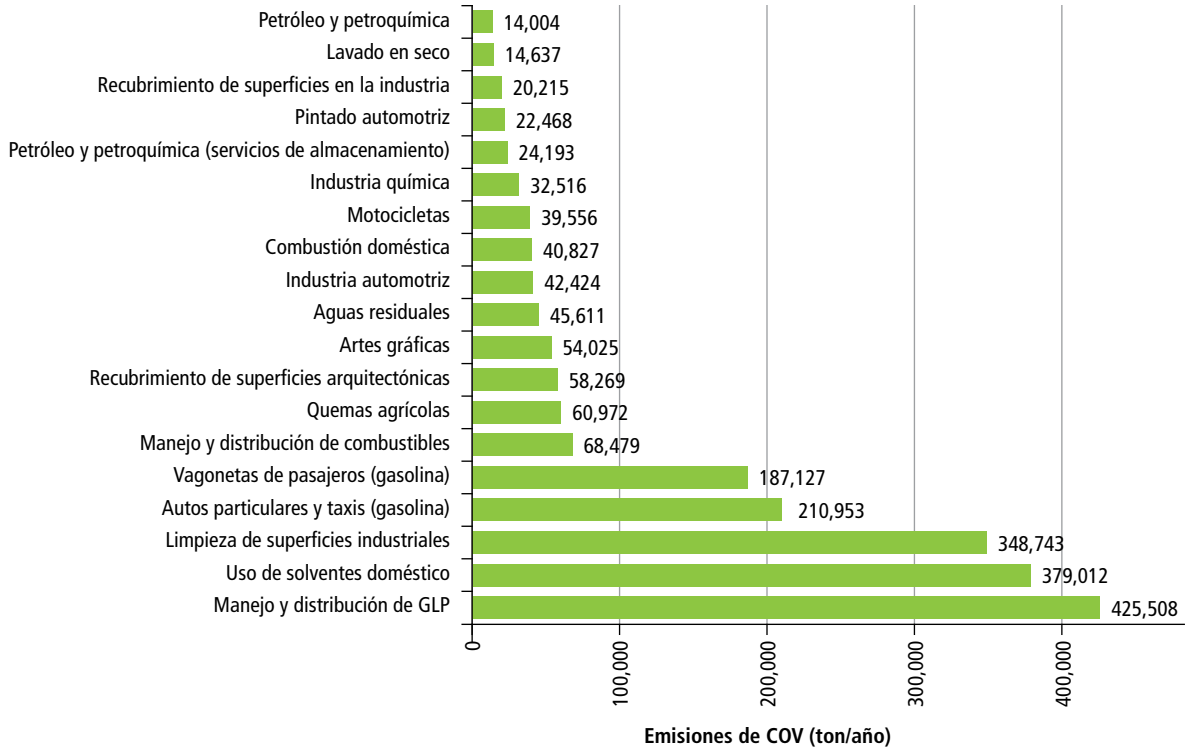
La revisión se hizo por entidad federativa, municipio o, en su caso, área geoestadística básica, en función de la cantidad disponible de información.

Se identificaron los COV con mayor impacto en la salud humana y aquellos que más inciden en la formación de compuestos secundarios. Simultáneamente, se cuantificaron las emisiones municipales para definir las zonas críticas con mayores emisiones: las 20 principales fuentes generadoras de COV (**Figura 2.42**) y las fuentes con el potencial máximo de formación de ozono ($PMFO_3$) que tendrían esas emisiones (**Figura 2.43**).

Como se puede observar, el manejo y distribución del gas licuado del petróleo (GLP), el uso doméstico y comercial de disolventes, así como los vehículos que utilizan gasolina como combustible son las fuentes más relevantes y con mayor contribución, no sólo por sus emisiones directas de COV, sino también por el $PMFO_3$. Estos sectores producen 74% de las emisiones de COV, 62% de los compuestos tóxicos y 69% de los compuestos orgánicos que generarían el potencial máximo de formación de ozono.

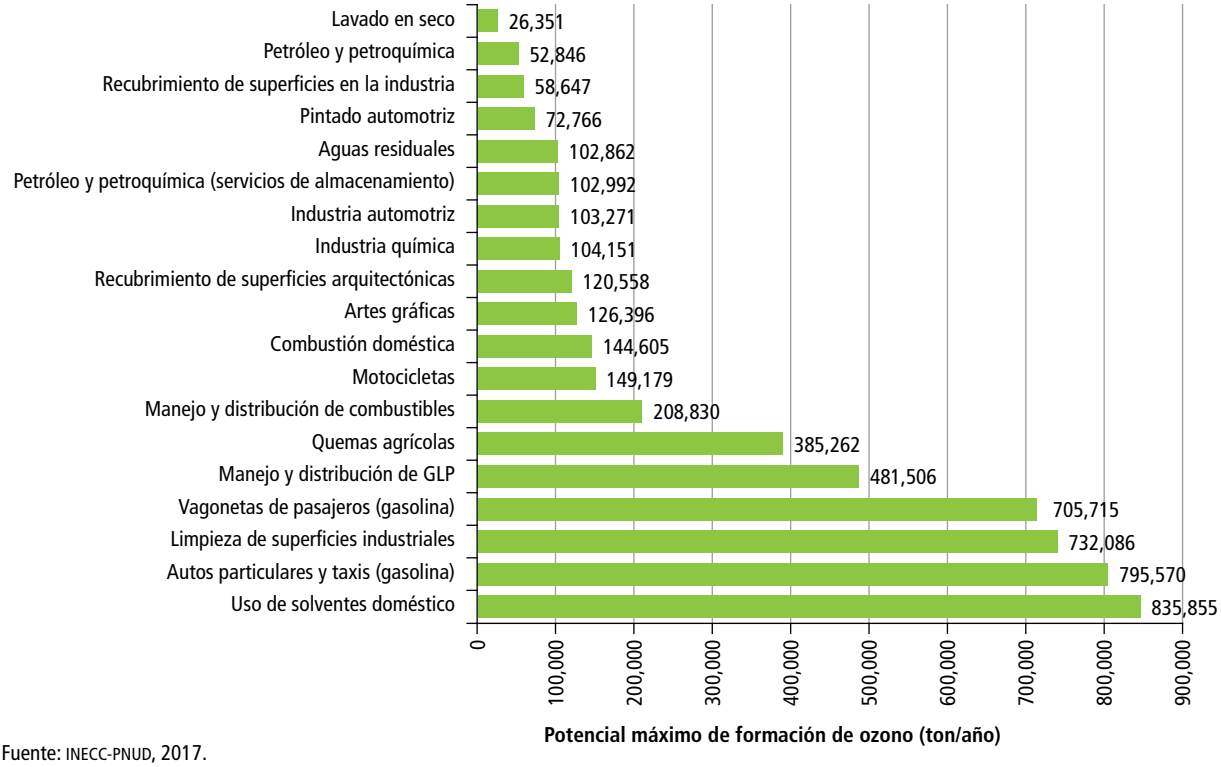
Las zonas metropolitanas del Valle de México y de Toluca son las principales emisoras, seguida por las de Monterrey, Guadalajara y Tijuana (**Tabla 2.39**).

Figura 2.42. **Fuentes principales de emisión de compuestos orgánicos volátiles, 2014**



Fuente: INECC-PNUD, 2017.

Figura 2.43. **Fuentes de emisiones de COV, con su respectivo $PMFO_3$, 2014**



Fuente: INECC-PNUD, 2017.

Tabla 2.39. Emisiones de las principales fuentes y su $PMFO_3$

Entidad	COV (ton/día)	Zona o ciudad	COV (ton/día)	$PMFO_3$ (ton/día)
Ciudad de México*	504.0	ZM del Valle de México	964	2,383
Estado de México	425.5	ZM de Toluca	95	223
Jalisco	273.4	ZM de Guadalajara	231	604
Baja California	267.4	ZM de Tijuana	153	413
		ZM de Mexicali	81	237
		Ensenada	33	93
Nuevo León	255.6	ZM de Monterrey	270	734
Tamaulipas	216.0	ZM de Tampico	93	250
		ZM de Reynosa-Río Bravo	63	177
		ZM de Matamoros	39	103
Chihuahua	176.4	ZM de Chihuahua	64	166
		ZM de Ciudad Juárez	106	274
Coahuila	169.2	ZM de Saltillo	94	239
		ZM de La Laguna	66	168
Guanajuato	162.3	ZM de León	92	211
		ZM de Celaya	33	83
Sonora	123.9	Hermosillo	53	135
		Ciudad Obregón	28	79
Sinaloa	117.9	Culiacán	48	135
Puebla	94.8	ZM de Puebla-Tlaxcala	131	298
Aguascalientes	88.8	ZM de Aguascalientes	105	259
Querétaro	83.7	ZM de Querétaro	76	196
Veracruz	71.6	ZM de Veracruz	33	78
Michoacán	68.3	ZM de Morelia	43	112
San Luis Potosí	65.9	ZM de San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez	66	158
Durango	54.3	ZM de Durango	34	90
Baja California Sur	36.8			
Yucatán	36.4	ZM de Mérida	44	104
Morelos	30.7	ZM de Cuernavaca	47	112
Quintana Roo	30.6	ZM de Cancún	31	88
Guerrero	30.3	ZM de Acapulco	33	84
Hidalgo	29.9	ZM de Tula	28	86
Chiapas	29.6			
Tabasco	25.3	ZM de Villahermosa	29	73
Oaxaca	20.8			
Nayarit	20.1			
Campeche	12.5			
Zacatecas	11.3			
Colima	10.1			

* México, Distrito Federal, hasta el 5 de febrero de 2016.

Impactos de los FCVC en la salud, los cultivos, los ecosistemas y el patrimonio histórico

Salud

La salud ambiental es relevante desde cualesquiera perspectivas. El sector salud en México, a través del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), ha realizado continuamente estudios para evaluar los impactos sobre la salud derivados de la contaminación atmosférica y, en especial, del material particulado (en fuentes con emisiones mayores de carbono negro y ozono). En 2017, el INECC y el INSP realizaron un estudio para evaluar los impactos de la contaminación sobre la salud y su valoración económica por el método de "disponibilidad a pagar" de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA); el estudio permitió caracterizar las incidencias de mortalidad vinculadas a la exposición a $PM_{2.5}$ y O_3, a partir de la condición de que, en la región Centro de México,[16] la concentración promedio de los contaminantes se redujera hasta alcanzar los valores establecidos en la normatividad vigente, así como a los límites más restrictivos y protectores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los resultados promedio de la evaluación por causas generales (naturales no externas) en la región Centro mostraron que, de cumplirse con la norma oficial mexicana de $PM_{2.5}$ (NOM-025-SSA1-2014), cuyo límite es 12 µg/m^3, se podrían evitar 8,464 muertes prematuras y, de cumplirse con el valor más restrictivo establecido por la OMS (10 µg/m^3), se evitarían 9,767 muertes prematuras. La **Tabla 2.40** muestra los resultados obtenidos por causas específicas.

Para el caso del ozono, los resultados promedio de la evaluación por causas generales (naturales no externas) en la Región Centro mostraron que, de cumplirse con la norma oficial mexicana de O_3 (NOM-020-SSA1-2014), cuyo límite es de 0.07 ppm como promedio móvil de ocho horas, se podrían evitar 260 muertes prematuras y, de cumplirse con el valor más restrictivo establecido por la OMS (0.05 µg/m^3), se evitarían 1,089 muertes prematuras. La **Tabla 2.41** muestra los resultados obtenidos por causas específicas.

La valoración económica asociada a la disminución de muertes prematuras indica que, de evitarse las causadas por $PM_{2.5}$ bajo el escenario de cumplimiento del valor de la OMS, se tendría un beneficio económico del orden de $16,000 millones de pesos, considerando un valor estadístico de la vida de $1.6 millones de pesos y, para el caso del cumplimiento de O_3 con el valor de OMS, el beneficio económico esperado sería de $18,000 millones de pesos con el mismo valor estadístico de la vida. Cabe mencionar que hay estudios que indican un valor estadístico de la vida de $13.8 millones de pesos, con lo que el beneficio estimado por evitar muertes prematuras asociadas a concentraciones de contaminantes del aire superiores a la norma mexicana y a la recomendación más restrictivas de la OMS, resultaría mucho mayor.

Cultivos

En 2017 se realizó una primera estimación de los costos económicos sobre la actividad agrícola por exposición a ozono en el centro de México. Se estimó el valor de la producción no realizada de maíz y avena, debido a la disminución en el rendimiento de estos cultivos; después, el estudio se amplió a los cultivos de frijol y sorgo (Ruiz Suárez *et al*, 2018). El maíz es un cereal poco sensible al ozono. En general, especies en vaina como el frijol son sensibles. Para la avena y el sorgo no hay funciones de exposición-respuesta publicadas.

Con estos tres cultivos se usó una función genérica para cultivos sensibles. De esta forma se estimó

[16] Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Morelos, Querétaro y Tlaxcala. Morelos no se incluyó debido a la falta de información sobre calidad del aire en $PM_{2.5}$ y O_3, en tanto que en Tlaxcala no se dispuso de información de O_3.

Tabla 2.40. Muertes evitables promedio (IC 95%) por escenario y causa a consecuencia de la reducción de $PM_{2.5}$ en la región Centro (año base 2014)

Entidades	Población total 2014	Cobertura de población (%)	Mortalidad general (>15 años)		Cardiopulmonar (>30 años)		Cardiovascular (>15 años)		Cáncer de pulmón (25-74 años)		Isquemia cardiaca (30 años)	
			NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS
Ciudad de México*	8,904,558	98%	4,038	4,709	2,235	2,600	2,076	2,411	150	171	1,758	2,034
Estado de México	15,975,116	69%	2,978	3,420	1,556	1,780	1,431	1,635	77	86	1,125	1,281
Hidalgo	2,817,951	11%	284	293	138	142	120	123	5	5	85	87
Puebla	6,086,625	34%	1,047	1,162	503	556	477	527	27	29	324	356
Querétaro	1,993,536	61%	43	102	23	54	21	48	1	3	18	42
Tlaxcala	1,251,478	18%	73	81	34	38	31	34	2	2	21	23
Morelos	1,877,498	0%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Región Centro	38,906,761	61%	8,464	9,767	4,489	5,169	4,155	4,777	2682	297	3,331	3,822

*México, D.F., hasta el 5 de febrero de 2016.

Tabla 2.41. Mortalidad evitable en las entidades de la megalópolis

Entidad	Población total 2014	Cobertura de población (%)	General (>30 años)		Respiratorias (>30 años)		EPOC (>30 años)		Neumonía (>30 años)		Cardiovascular (>30 años)	
			NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS
Ciudad de México*	8,904,558	100%	191	755	204	770	86	326	79	300	131	510
Estado de México	15,975,116	85%	68	330	66	312	41	189	16	80	40	193
Hidalgo	2,817,951	11%	<1	2	<1	2	<1	1	<1	1	<1	1
Puebla	6,086,625	31%	<1	2	<1	2	<1	1	<1	1	<1	1
Querétaro	1,993,536	61%	0	<1	0	<1	0	<1	0	<1	0	<1
Tlaxcala	1,251,478	0%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Morelos	1,877,498	0%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total general	38,906,761	66%	260	1089	270	1087	128	518	95	382	171	705

*México, D.F., hasta el 5 de febrero de 2016.

un rango de impactos, que pueden ir del 5% para el maíz al 40% para los otros cultivos. Estos efectos pueden ocurrir sobre municipios con alto índice de marginalidad, lo que puede intensificar los impactos negativos sobre poblaciones ya vulnerables.

Es importante desarrollar un programa de investigación para determinar funciones de exposición-respuesta para cultivos de importancia económica en México y que no han sido determinadas en otros países.

Ecosistemas

En diversos estudios se considera que el contaminante atmosférico que tiene mayor impacto en los cultivos y bosques es el ozono, que se introduce en las hojas a través de las estomas y produce una serie de efectos que van desde alteraciones fisiológicas hasta daños visibles o reducciones en el crecimiento de las plantas, cuando los mecanismos de defensa y reparación se ven superados.

El más reciente análisis publicado muestra que en el periodo de noviembre de 2004 a enero de 2006, se determinaron las concentraciones de ozono en tres áreas boscosas de la Cuenca de México: Sierra del Ajusco, Desierto de los Leones y Parque Izta-Popocatépetl. Los valores registrados en las tres variaron entre 15.4 y 53.8 ppb. Se identificaron puntos de alta concentración de ozono, uno en agosto y otro en noviembre, ambos en 2005. Aunado a lo anterior, se pudo observar que las concentraciones de ozono fueron mayores en la medida que la altitud se incrementó. Se comprobó el papel que juega la exposición a las masas de aire contaminado, el viento y la altitud (Alvarado Rosales *et al.,* 2017).

Patrimonio histórico

Se elaboró un mapa con la distribución espacial de los monumentos arqueológicos e históricos en riesgo de deterioro. En ausencia de funciones dosis respuesta para las piedras volcánicas características del patrimonio cultural de México, se empleó la función de Daño Lipfert –esta función contempla los efectos del depósito seco de contaminantes (SO_2 y HNO_3), la lluvia ácida y la disolución natural de la piedra asociada a la cantidad de lluvia– con el objeto de generar una aproximación de los daños que se están presentando en las piedras volcánicas y, a partir de ello, definir y priorizar acciones de conservación por las instituciones como el INAH, responsables de la conservación del patrimonio cultural (INECC, 2016).

Avances en la determinación del carbono negro en ciudades

El INECC y otras instituciones nacionales de investigación y gestión han participado en diferentes campañas de medición, durante las cuales se colectaron muestras de $PM_{2.5}$ para su especiación química. Estas campañas se realizaron en Guadalajara, Jalisco, de agosto a octubre de 2014; en Monterrey, Nuevo León, de diciembre de 2014 a marzo de 2015; en la Ciudad de México, de noviembre de 2105 a marzo de 2016; en Durango, durante octubre de 2015; en Salamanca, Guanajuato, de marzo a abril de 2016, y en San Luis Potosí en febrero de 2018. La fracción de carbono fue evaluada en laboratorio mediante las técnicas de reflectancia térmico-óptica y por atenuación de luz en el infrarrojo y ultravioleta.

Las contribuciones de carbono elemental en $PM_{2.5}$ fueron de 12% en Guadalajara, 7% en Monterrey, 13% en la Ciudad de México, 5% en la ciudad de Durango, 10% en la ciudad de Salamanca y 4% en la ciudad de San Luis Potosí.

Se destaca que el reforzamiento en medidas y acciones enfocadas a la reducción y control de $PM_{2.5}$ tendrá efecto en la disminución de carbono negro (INECC, 2013).

Red nacional de monitoreo de calidad del aire

Se hace monitoreo de la calidad del aire en 30 de las 32 entidades federativas del país, a través de 249 estaciones. En el caso particular del ozono troposférico se cuenta con 165 estaciones de monitoreo de calidad del aire que se ubican en 57 ciudades mexicanas de 29 estados, entre ellas las tres mayores zonas metropolitanas del país: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Mientras que las partículas menores a 2.5 micrómetros, $PM_{2.5}$, son monitoreadas con 132 equipos ubicados en 60 ciudades de 25 estados.

El *Informe Nacional de Calidad del Aire* correspondiente a 2016 (INECC, 2017), incluyó una evaluación de la información generada en 106 estaciones de monitoreo de ozono troposférico, encontrándose que en 99 de ellas se incumplió la norma oficial mexicana correspondiente (NOM-020-SSA1-2014), sobrepasándose ambos valores de concentración establecidos (0.095 ppm como promedio de una hora y 0.070 ppm como promedio de ocho horas)

en 84 estaciones; en cinco se rebasó sólo el límite de una hora y en diez sólo el límite de ocho horas.

El informe muestra que de las 38 ciudades donde se evaluó el cumplimiento de la norma de ozono, en dos se cumplió con ella (Mérida y Mexicali) y en 36 no se cumplió: Área Metropolitana de Monterrey, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Celaya, Chihuahua, Coronango, Corregidora, Cuautla, Cuernavaca, Huichapan, Irapuato, León, Minatitlán, Monclova, Morelia, Oaxaca, Ocuituco, Pachuca, Poza Rica, Puebla, Salamanca, Saltillo, San Juan del Río, Santiago de Querétaro, Silao, Tepeapulco, Tepeji del Río, Tepic, Tizayuca, Tula de Allende, Tulancingo, Xalapa, Zacatepec, Zona Metropolitana de Guadalajara, Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Las tres concentraciones horarias más altas de ozono registradas en 2016 ocurrieron en la Zona Metropolitana del Valle de México (0.210 ppm), en la Zona Metropolitana de Guadalajara (0.194 ppm) y en Pachuca (0.162 ppm). En el caso de las concentraciones promedio móvil de ocho horas más altas de ozono registradas en 2016, se presentaron en la ZMVM (0.152 ppm), en Pachuca (0.141 ppm) y en Tulancingo (0.128 ppm).

Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de ozono superiores al límite normado de una hora (estimado como *Número de días con concentraciones superiores al límite normado / Número de días del año con información válida*) fueron la ZMVM (58%), Saltillo (29%) y el Área Metropolitana de Monterrey.

Para el caso de las $PM_{2.5}$, la evaluación de 43 estaciones de monitoreo mostró que en todas ellas se incumplió la regulación correspondiente (NOM-025-SSA1-2014). En 37 de ellas se rebasaron ambos límites normados (45 µg/m³ como límite de 24 horas y 12 µg/m³ como límite anual); en cinco el límite anual, y en una el límite de 24 horas.

El incumplimiento de $PM_{2.5}$ ocurrió en las siguientes 19 Zonas Metropolitanas y/o municipios: Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Cuernavaca, Irapuato, Lolotla, Mérida, Minatitlán, Morelia, Pachuca, Puebla, Salamanca, Tepeji del Río, Tepic, Tijuana, Tizayuca, Tulancingo, Zona Metropolitana de Guadalajara, Zona Metropolitana del Valle de México y Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Las tres concentraciones más altas de $PM_{2.5}$, como promedio de 24 horas, se presentaron en la ZMVT (182 µg/m³), Irapuato (124 µg/m³) y Atotonilco de Tula (106 µg/m³); en tanto que los promedios anuales más altos de $PM_{2.5}$ se registraron en la ZMVT (43 µg/m³), Atotonilco de Tula (31 µg/m³) y Atitalaquia (29 µg/m³).

Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de $PM_{2.5}$ superiores al límite normado de 24 horas (estimado como *Número de días o muestreos con concentraciones superiores al límite normado / Número de días o muestreos del año con información válida*) fueron la ZMVT (47%), Tizayuca (19%), ZMVM, y León (12%).

Retos

Es fundamental que México siga invirtiendo recursos para fortalecer las redes de monitoreo atmosférico, que son esenciales para evaluar el progreso en la gestión de la calidad del aire, y precisamente por el corto tiempo de residencia de los forzantes climáticos de vida corta, avanzar en la reducción de sus emisiones, evaluar la eficacia de las medidas aplicadas y tomar las medidas adecuadas para mejorarlas.

Con los compromisos y retos actuales, es evidente la necesidad urgente de generar información en todos los niveles para comprender completamente los procesos y opciones para mitigar los forzantes climáticos. La información completa y pública puede ayudar a generar conciencia y una mejor participación de las partes interesadas hacia redes más fuertes y efectivas.

Otro de los principales desafíos identificados por varios sectores es la generación de políticas, leyes y reglamentos bien definidos, así como la aplicación efectiva con sanciones por incumplimiento. Ya hay leyes y regulaciones; sin embargo, en muchos casos carecen de indicadores concretos para monitorear y evaluar el progreso, lo que impide la medición de los avances, la evaluación de los resultados e incorporar ajustes en caso de ser necesario. Las reformas constitucionales recientes, que establecen la primacía de los derechos humanos, entre ellos los derechos a la salud, al bienestar y la sostenibilidad como derecho de las generaciones presentes y futuras, que para su vigencia requieren de un ambiente sano, así como las leyes reglamentarias que se derivan, establecen el marco legal mediante el cual iniciativas ciudadanas pueden impulsar cambios hacia leyes y normas mejor estructuradas y con responsabilidades mejor definidas.

Todos los sectores han identificado la urgencia de crear capacidad debido a la necesidad de conocimiento científico y técnico para controlar las emisiones, generar información e implementar la tecnología disponible. Mejorar, desarrollar e introducir tecnología es otra oportunidad crucial identificada en todos los sectores. Avances significativos en tecnología ya se han demostrado en este informe. Sin embargo, los ejemplos todavía son limitados; se necesita una implementación mucho más amplia de medidas exitosas y buenas prácticas.

La notable urbanización de la población mundial, a la que México no escapa, permite la adopción de métodos y tecnologías más eficientes de producción y distribución de mercancías, así como sistemas más eficientes de transporte de personas. Esas ventajas pueden disiparse si la urbanización es desordenada y desatiende el entorno natural donde se desarrollan las urbes. La urbanización que se desarrolla de esta forma obliga a la motorización de la población, a sistemas de transporte público de baja intensidad y más ineficientes, lo que conduce a más emisiones de CO_2, carbono negro y precursores de ozono.

En México ya se ha hecho evidente que el potencial de mitigación, por la introducción de nuevas tecnologías en los medios de transporte, sólo puede lograr su máximo beneficio en el contexto de urbes más densas y eficientes.

Referencias

Agencia Europea de Medio Ambiente (1998), El medio ambiente en Europa; Segunda evaluación, Ozono troposférico. https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page005.html

BM. (2017).Banco Mundial. Emisiones de CO_2 (toneladas métricas per cápita). Recuperado el 1 de febrero de 2017, de https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2014&start=1960

CCA, 2015

CCAC-INECC (2015), Hora de actuar para reducir los contaminantes climáticos de vida corta, segunda edición, unep 2015.

CCAC-UNEP, 2018

CMNUCC, (1992)

CONAGUA (2015). Volumenes de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Información proporcionada vía oficio.

CONAGUA. (2015a). Sistema Nacional de Información del Agua. Recuperado de http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php

CONAPO ,(2012)

EPA. (2017). Capítulo 1, Landfill Gas Energy Basics 2017. En Landfill Methane Outreach Program (LMOP). Recuperado de https://www.epa.gov/sites/production/files/201607/documents/pdh_chapter1.pdf

Fiore Arlene M., Vaishali Naik & Eric M. Leibensperger (2015) Air Quality and Climate Connections, Journal of the Air & Waste Management Association, 65: 6, 645-685, DOI: 10.1080/10962247.2015.1040526

Ibarrarán M.E., Islas I., Ortínez J.A. (2018) Compounding Factors: Air Pollution and Climate Variability in Mexico City. In: Akhtar R., Palagiano C. (eds) Climate Change and Air Pollution. Springer Climate. Springer.

INE (2011), Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación, Instituto Nacional de

Ecología, Molina Center for Energy and Environment, Informe final. http://www.mce2.org/images/stories/SLCF/PressRelease/MCN-reporte-Final%20(Esp_%20Agosto_2011).pdf

INECC 2013, Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre los Contaminantes Climáticos de vida corta en México, inecc, mce2, ccac. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf

INECC, (2014). Factores de emision para los diferentes tipos de combustibles fosiles que se consumen en México (Vol. 3). México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf

INECC (2016)

INECC (2017), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (inecc). Informe Nacional de Calidad del Aire 2016, México. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire y los Contaminantes Climáticos. Ciudad de México. Diciembre 2017.

INECC-PNUD. 2018. Diagnóstico del estado del arte de la química atmosférica en México con relación a los gases de efecto invernadero y los contaminantes climáticos. Proyecto 00085488 "México. Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". 91 p. Ruiz Suárez, L.G., B.E. Mar Morales y P. Domínguez Taylor: pnud/Instituto Nacional de Cambio Climático.

INECC y SEMARNAT, (2012). México: Quinta Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC, se produjo con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

INECC y SEMARNAT. (2015). Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ciudad de México. Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_bur_mexico_low_resolution.pdf

INECC y SEMARNAT (2018). México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015, se produjo con el financiamiento del [Fondo para el Medi Ambiente Mundial (FMAM)], implementado por [el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).] Recuperado de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero

INEGI. (1990). Censo de Población y Vivienda 1990. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1990/

_____ (1995). Censo de Población y Vivienda 1995. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1995/

_____ (2000). Censo de Población y Vivienda 2000. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2000/

_____ (2005). Censo de Población y Vivienda 2005. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2005/

_____ (2013). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/

INEGI (2018).

IPCC, (1996). Revised 1996 ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponible: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html.

IPCC, (2000). ipcc Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. In IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (p. 94).

IPCC, (2003). Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Editado por Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hira

Referencias [1] Energía

CRM. (1993). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 1992. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (1997). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 1996. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2001). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2000. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2004). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2003 (Vol. 1). Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

INECC. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2015. Recuperado

de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero

INECC, & IMP. (2014). Factores de emision para los diferentes tipos de combustibles fosiles que se consumen en México (Vol. 3). México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf

INECC, & SEMARNAT. (2015). Primer *Informe Bienal de Actualización* ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ciudad de México. Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_bur_mexico_low_resolution.pdf

IPCC. (2006a). Vol. 2 Energía, Capítulo. 2. Combustión estacionaria. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Vol. 2, pp. 1–47). Japón: IGES. https://doi.org/10.1157/13083441

_____ (2006b). Volumen 2, Cap. 3, Energía. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Vol. 2). Japón: IGES. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html

SENER. (2017a). Estadísticas de autogeneración (comunicado interno). Sistema de Información Energética. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

_____ (2017b). Sistema de Información Energética. Sistema de Información Energética. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

SGM. (2006). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2005. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2007). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* Ampliado 2006. México. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2008). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*, 2007.

_____ (2010). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. Ampliada 2009 (Vol. 40). Secretaría de Economía. Recuperado de http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario Estadistico 2011c.pdf

_____ (2012). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* Ampliada 2011. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2014). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2013. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2015). Anuario estadístico de la Minería Mexicana 2014. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2016). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2015 (Vol. 45). Recuperado de http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2015_Edicion_2016.pdf

Unión Nacional de Cañeros A.C. (2017). Estadísticas históricas. Recuperado de http://caneros.org.mx/historica/

Referencias [2] IPPU

ANIQ. (1995). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*. Recuperado de http://webpublico.aniq.org.mx/Publicaciones/Paginas/anuarioestadistico.aspx

_____ (1999a). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*.

_____ (1999b). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*. Recuperado de http://webpublico.aniq.org.mx/Publicaciones/Paginas/anuarioestadistico.aspx

_____ (2003a). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*.

_____ (2003b). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*. Recuperado de http://webpublico.aniq.org.mx/Publicaciones/Paginas/anuarioestadistico.aspx

_____ (2016a). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*.

_____ (2016b). *Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana*. Recuperado de http://webpublico.aniq.org.mx/Publicaciones/Paginas/anuarioestadistico.aspx

CANACERO. (2017). Datos de producción del sinter (comunicación interna). CDMX.

CFE. (2014). Carga de SF6 (comunicación interna).

CRM. (1993). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 1992. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (1997). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 1996. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2001). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2000. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2004). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2003 (Vol. 1). Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

GIZ. (2014). Proklima. Recuperado de http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/archivos/GIZ Proklima-EVI-Mexico Inventory.pdf

Idc Online. (2017). Índice Nacional de Precios al Consumidor Base 2Q diciembre 2010. Recuperado el 1 de enero de 2017, de https://idconline.mx/indicadores/indicador-inpc-base-2q-diciembre-2010-100

INECC. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2015. Recuperado de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero

INECC, & IMP. (2014). Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles que se consumen en México (Vol. 3). México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf

INECC, & SEMARNAT. (2015). Primer *Informe Bienal de Actualización* ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ciudad de México. Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2015_bur_mexico_low_resolution.pdf

INEGI. (1990). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 71. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1992). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 100. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1993). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 45. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1995a). La Industria Química en México. Serie Estadísticas Sectoriales. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1995b). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 60. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1995c). XIV Censo Industrial - Censos Económicos 1994. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825172015/702825172015_1.pdf

_____ (1996). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 66. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1997a). La Industria Química en México. Serie Estadísticas Sectoriales, 94. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1997b). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 63. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (1998). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 59. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2000). La Industria Química en México. Serie Estadísticas Sectoriales. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2001a). La Industria Química en México. Serie Estadísticas Sectoriales, 186. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2001b). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 138. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2002). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 139. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2003). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 142. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2004). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 149. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2006). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 151. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2007). La Industria Química en México. Serie Estadísticas Sectoriales, 186. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2008a). Encuesta industrial mensual (CMAP). Recuperado el 1 de enero de 2017, de http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/

_____ (2008b). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 149. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2011). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 149. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2014a). La Industria Química en México. Serie Estadísticas Sectoriales, 167. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/

_____ (2014b). La Industria Siderúrgica en México. Serie estadísticas sectoriales, 144. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1995/

_____ (2017). Censos Económicos 2014. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de http://www.beta.inegi.org.mx/app/saic/default.aspx

IPCC. (2006a). Vol. 2 Energía, Capítulo. 2. Combustión estacionaria. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Vol. 2, pp. 1–47). Japón: IGES. https://doi.org/10.1157/13083441

_____ (2006b). Vol. 3, Procesos Industriales y usos de productos. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Vol. 3). Japón: IGES. Recuperado de http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol3.pdf

_____ (2006c). Volumen 2, Cap. 3, Energía. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Vol. 2). Japón: IGES. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html

SEMARNAT/UNIDO. (2017). Mexico 2015 HFCs Emissions Inventory and Projection Scenarios towards 2030.

SEMARNAT. (2006). Documento Guía de la Herramienta para la Estimación de Gases de Efecto Invernadero para el sector productivo de Celulosa y Papel (Convenio núm. 83069201-2)). Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Guia C%26P Mexico V1.0-Spanish.pdf

SENER. (1999). Balance Nacional de Energía 1998. Sistema de Información Energética. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

_____ (2010). Balance Nacional de Energía 2009. Sistema de Información Energética, 184. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

_____ (2016). Balance Nacional de Energía 2015. Sistema de Información Energética, 184. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177621/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015.pdf

_____ (2017a). Elaboración de productos Petroquímicos. Sistema de Información Energética. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

_____ (2017b). Estadísticas de autogeneración (comunicado interno). Sistema de Información Energética. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

_____ (2017c). Sistema de Información Energética. Sistema de Información Energética. Recuperado de http://sie.energia.gob.mx/

SGM. (2006). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2005. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2007). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* Ampliado 2006. México. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2008). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*, 2007.

_____ (2010). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana*. Ampliada 2009 (Vol. 40). Secretaría de Economía. Recuperado de http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario Estadístico 2011c.pdf

_____ (2012). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* Ampliada 2011. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2014). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2013. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2015). Anuario estadístico de la Minería Mexicana 2014. Recuperado de https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html

_____ (2016). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana* 2015 (Vol. 45). Recuperado de http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2015_Edicion_2016.pdf

SGS, C. C. P. (2013). VALIDATION REPORT Quimobásicos HFC Recovery and Decomposition Project. UNFCCC (Vol. 44). Recuperado de https://cdm.unfccc.int/filestorage/V/0/M/V0MUCG71REXH4TFK6Q8WNDO2YSZ3L9/Validation Report.pdf?t=TnJ8cGJ0aTV0fDDy70WaCr-oqxBNjJWLLrH7

UNDP, & ANIQ. (2016). Elementos hacia una estrategia de desarrollo bajo en emisiones para la industria química en México. Ciudad de México.

Unión Nacional de Cañeros A.C. (2017). Estadísticas históricas. Recuperado de http://caneros.org.mx/historica/

USGS. (1999). THE MINERAL INDUSTRY OF MEXICO. 1998 Mineral Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2003). *The Mineral Industry of Mexico*. 1999 Minerals Yearbook (Vol. 1). Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2004). *The Mineral Industry of Mexico*. 2003 Minerals Yearbook (Vol. 3). Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2005). *The Mineral Industry of Mexico*. 1994 Mineral Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2009). *The Mineral Industry of Mexico*. 2006 Minerals Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2011). *The Mineral Industry of Mexico*. 2009 Minerals Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2012). *The Mineral Industry of Mexico*. 2010 Minerals Yearbook. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.01.027

_____ (2013). *The Mineral Industry of Mexico*. 2011 Minerals Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2015). *The Mineral Industry of Mexico*. 2012 Minerals Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

_____ (2016). *The Mineral Industry of Mexico*. 2013 Minerals Yearbook. Recuperado de https://minerals.usgs.gov/minerals/

Referencias [3] AFOLU

Andreae, M. O., & Merlet, P. (2001). Emissions of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, *15*(4), 955–966. http://doi.org/10.1029/2000GB001382

Borja Bravo, M., Reyes Muro, L., Espinosa García, J. A., & Vélez Izquierdo, A. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *368*(1621), 20130122–20130122. http://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122

Cartography and Geographic Information Science 33: 159–171.

CONADESUCA. (2016). Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México Zafras 2006-2007 / 2015-2016. Recuperado de https://www.gob.mx/conadesuca/articulos/informe-estadistico-del-sector-agroindustrial-de-la-cana-de-azucar-en-mexico-zafras-2006-2007-2015-2016?idiom=es

CONAFOR. 2012. Inventario Nacional Forestal y de Suelos: Informe de Resultados. CONAFOR-SEMARNAT. Zapopan, Jalisco, México. 173 p.

CONAGUA. (2016). Reporte del Clima en México. Servicio Meteorológico Nacional, 1–27. *Retrieved from* http://www.accuweather.com/en/mx/mexico-weather

ESRI, ArcGis, Ver. 10.1 SP1 for Desktop

Estrada C. I. 2006. Identificación de áreas susceptibles de incendio forestal en el parque nacional "El Chico", Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.

FAO. (2016). FAOSTAT.

_____ (2017). Curso: El inventario nacional de GEI para la agricultura.

Gómez-Merino, F., Tucuch-Haas, C., Trejo-Téllez, L., & García-Morales, S. (2017). Producción y Consumo de Arroz en México. *Agro-Síntesis*, (Julio), 22–28.

Hardy C. C., Burgan R. E. y R. D. Ottmar. 2000. A database for Spatial Assesments of Fire Characteristics, Fuel Profiles, and PM10 Emissions. En: Sampson R. N., Atkinson R. D. y J. W. Lewis (eds). Mapping Wildfire Hazards and Risks. Food Products Press, NY, USA.

IFA. (2017). IFADATA.

INECC. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2015. Recuperado de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero

INEGI. (1991). Censo Agrícola-Ganadero 1991. *Retrieved* August 23, 2017, from http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca1991/Resultados_Agricola/default.aspx

_____ (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007.

_____ (2017). Banco de Información Económica.

_____ 1993. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

_____ 2002. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie III. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

_____ 2007. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie IV. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

_____ 2009. Guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 Serie III. México. 77 p.

_____ 2011. Conjunto Nacional de Uso Actual de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000, Serie V. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

_____ 2013. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación Serie V: escala 1:250 000. Distrito Federal, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

_____ 2016. Marco Geoestadístico Nacional. México.

INIFAP. (2015). *Paquetes Tecnológicos para el Cultivo de Arroz en México*.

IPCC, Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). *Directrices del ipcc de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, Volumen 4, Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Recuperado de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html

IPCC. (1996). Chapter 4 Agriculture Volume 3: Reference Manual. En *Revised 1996 ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reference Manual* (p. 140). IPCC.

_____ (2000). IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. In *ipcc Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (p. 94).

_____ (2002a). CH_4 Emissions from Rice Agriculture. En *Background Papers ipcc Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 399–417).

_____ (2002b). INDIREC T N2O EMISSIONS FROM AGRICULTURE. En *Background Papers ipcc Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 381–397).

_____ (2006a). Chapter 1 Introduction Volume 4: AFOLU. En *2006 ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 1–21). IPCC.

_____ (2006b). IPCC Chapter 2 Generic Methodologies Applicable To Multiple Land-. En *ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 1–59).

_____ 1996. Climate Change 1995 - The Science of Climate Change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

_____ 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Editado por Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, RiittaPipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe y Fabian Wagner. Publicado por IGES para el IPCC.

_____ 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

IPCmmC. (2000). IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. In IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (p. 94).

IRRI. (2017). World Rice Statistics.

Kauffman J. B., Steele M. D., Cummings D. L., Jaramillo V. J. 2003. Biomass dynamics associated with deforestation, fire, and conversion to cattle pasture in a Mexican tropical dry forest. *Forest Ecology Management*, 176 (2003) 1-12.

Levine, J. S. (1994). Biomass Burning and the Production of Greenhouse Gases. En Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change (pp. 1–13). Hampton, Virginia: John Wiley and Sons, Inc.

Luis. (n.d.). Factores (2nd ed.). Mex.

Mugica, V. (2016). Determinación de factores de emisión de bióxido de carbono (CO2), partículas en suspensión de 2.5 y 10 micras (PM2.5 y PM10) y contaminantes de vida corta, metano (CH4) y carbono negro por prácticas de quema agrícola. México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/290687/Factores_de_Emision_de_Quema_Agr_cola_CGMCC_2016.pdf

Olofsson, P., G. M. Foody, M. Herold, S. V. Stehman, C. E. Woodcock and M. A. Wulder. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148: 42 – 57.

Olofsson, P., G. M. Foody, S. V. Stehman and C. E. Woodcock. 2013. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment* 129: 122–131.

Ordóñez Díaz, J. A. B., & Hernández Tejeda, T. (2006). Obtención de Factores de Emisión nacionales en el Sector Agrícola para disminuir incertidumbre en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. México. Recuperado de http://www2.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/e2006m.pdf

Ottmar R. D., Sandberg D. V., Riccardi C. L. y S. J. Prichard. 2007. An Overview of the Fuel Characteristic Classificaction System: Quantifying, classifying, and creating fuelbeds for resource planning. *Canadian Journal of Forest Research*. 37: pp. 2383-2393.

Ottmar, R.D., Burns, M.F., Hall, J.N. and Hanson, A.D. 1993. Consume user's guide. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-304. Portland, Oregon: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 118 p.

Pesquera, S. de información agroalimentaria y. (2017). SIACON 1980-2014. *Retrieved* June 5, 2017, from infodiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php

PIC. (2013). Análisis de la industria porcina en Latinoamérica 2013.

_____ (2014). Análisis de la industria porcina en Latinoamérica 2014.

Pontius, R. G. 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 66: 1011 – 1016.

Pontius, R. G. and C. D. Lippitt. 2006. Can error explain map differences over time?

Prichard, S.J.; Ottmar, R.D.; Anderson, G.K. Consume user's guide v. 3.0. http://www.fs.fed.us/pnw/fera/products/consume/consume30_users_guide.pdf. (1 abril 2009)

Riccardi C. L., Ottmar R. D., Sandberg D. V., Andreu A., Elman E., Kopper K., y J. Long. 2007. The fuelbed: a key element of the fuel Characteristic Classification System. *Canadian Journal of Forest Research*. 37: pp. 2394-2412.

Rosillo-Calle, F., de Groot, P., Hemstock, S. L., & Woods, J. (2007). The Biomass Assessment Handbook. Bioenergy for a sustainable environment. NY: Earthscan. ISBN: 13:978-1-84407-526-3

SAGARPA, Gallardo, J. L., Villamar, L., & Barrera, M. (2006). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2006. México Distrito Federal. *Retrieved from* http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios de situacin actual y perspectiva/Attachments/14/sitpor06d.pdf

SEMARNAT 2009. http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx. (1 de abril de 2009).

SIAP. (2017). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, S. (2015). SIACON (1980-2014).

Valdez-Vazquez, I., Acevedo-Benítez, J. A., & Hernández-Santiago, C. (2010). Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(7), 2147–2153. http://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.034

Yan, X., Yagi, K., Akiyama, H., & Akimoto, H. (2005). Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields. Global Change Biology, 11(7), 1131–1141. http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00976.x

Referencias [4] Residuos

(Christian, T., R. Yokelson, B. Cárdenas, L. Molina, 2010; CONAGUA, 2015b, 2015a; EPA, 2017; GMI, 2010; INEGI, 1990a, 1995a, 2000a, 2005, 2013; IPCC, 2006d; Ludwing, 2009; SEMARNAT, 2012, 2015)

Christian, T., R. Yokelson, B. Cárdenas, L. Molina, G. E. y S. H. (2010). Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico. Atmospheric Chemistry and Physics.

CONAGUA. (2015a). Sistema Nacional de Información del Agua. Recuperado de http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php

_____ (2015b). Volumenes de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Información proporcionada vía oficio.

EPA. (2017). Capítulo 1, Landfill Gas Energy Basics 2017. En Landfill Methane Outreach Program (LMOP). Recuperado de https://www.epa.gov/sites/production/files/201607/documents/pdh_chapter1.pdf

GMI. (2010). Emisiones Mundiales de Metano y Oportunidades de Atenuación. Recuperado de https://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_spa.pdf

INEGI. (1990). Censo de Población y Vivienda 1990. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1990/

_____ (1995). Censo de Población y Vivienda 1995. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/1995/

_____ (2000). Censo de Población y Vivienda 2000. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2000/

_____ (2005). Censo de Población y Vivienda 2005. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2005/

_____ (2013). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado de http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/

IPCC. (2006). Volumen 5, Residuos. En H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,

Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Vol. 5). Japón: IGES.

Ludwing. (2009). Landfill Methane Outreach Program. Manual del Usuario Modelo Mexicano de Biogás. Versión 2.0. Washington, D.C.

SEMARNAT. (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental, edición 2012. Recuperado de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf

_____ (2015). Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos. Recuperado de https://www.gob.mx/semarnat/documentos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos

Referencias de Forzantes climáticos

Agencia Europea de Medio Ambiente (1998), El medio ambiente en Europa; Segunda evaluación, Ozono troposférico. https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page005.html

Alvarado-Rosales, D., Saavedra-Romero, L., Hernández-Tejeda T., Cox, R., & Malcolm, J. (2017). Concentraciones in situ de ozono en bosques de la Cuenca de México e influencia de la altitud. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales,* 8(44). https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i44.104

CCA 2015. Directrices para la estimación de las emisiones de carbono negro de América del Norte: métodos recomendados. Comisión para la Cooperación Ambiental para América del Norte, Montreal, 105 pp.

CCAC-UNEP, 2018., Progress and Opportunities for Reducing Short-lived Climate Pollutants across

Latin America and the Caribbean, MCE2, UNEP, CCAC, INECC, Molina L., Páramo V. http://www.ccacoalition.org/es/resources/progress-and-opportunities-reducing-slcps-across-latin-america-and-caribbean

CCAC-INECC (2015), Hora de actuar para reducir los contaminantes climáticos de vida corta, segunda edición, UNEP 2015.

D. Shindell, N. Borgford-Parnell, M. Brauer, A. Haines, J. C. I. Kuylenstierna, S. A. Leonard, V. Ramanathan, A. Ravishankara, M. Amann, L. Srivastava, A climate policy pathway for near- and long-term benefits Science 05 May 2017: Vol. 356, Issue 6337, pp. 493-494 DOI: 10.1126/science.aak9521.

Fiore Arlene M., Vaishali Naik & Eric M. Leibensperger (2015) Air Quality and Climate Connections, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65: 6, 645-685, DOI: 10.1080/10962247.2015.1040526

Ibarrarán M.E., Islas I., Ortínez J.A. (2018) Compounding Factors: Air Pollution and Climate Variability in Mexico City. In: Akhtar R., Palagiano C. (eds) Climate Change and Air Pollution. Springer Climate. Springer.

INE 2011, Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación, Instituto Nacional de Ecología, Molina Center for Energy and Environment, Informe final. http://www.mce2.org/images/stories/SLCF/PressRelease/MCN-reporte-Final%20(Esp_%20Agosto_2011).pdf

INECC 2013, Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre los Contaminantes Climáticos de vida corta en México, INECC, MCE2, CCAC. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf

INECC (2016) Estudios de Calidad del Aire y su Impacto en la región Centro de México (Ecaim). Ruiz Suárez, L.G., et al, Ciudad de México, p. 744.

INECC 2017, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Informe Nacional de Calidad del Aire 2016, México. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire y los Contaminantes Climáticos. Ciudad de México. Diciembre 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/294715/INFORME_NACIONAL_DE_CALIDAD_DEL_AIRE_2016.pdf

INECC-PNUD 2017, Generación del inventario nacional de compuestos orgánicos volátiles año base 2014, su relación con los forzantes climáticos de vida corta, salud ambiental, cambio climático y medidas de mitigación. Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático". Saran Estudios y Proyectos Ambientales, SRL de CV: PNUD/Institiuto Nacional de Ecología y Cambio Climático

IPCC (2013), Climate Change 2013: The Physical Sciencie Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

Molina Center for Energy and the Environment (MCE2)-INECC (2013)., Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México, preparado como parte de la Iniciativa CCAC SNAP Informe final. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191436/2013_Plan_Nacional_de_Contaminantes.pdf

NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O3), http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356801&fecha=19/08/2014

NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente y criterios para su evaluación, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014

PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2017(8). Diagnóstico del estado del arte de la química atmosférica en México con relación a los gases de efecto invernadero y los contaminantes climáticos. Proyecto 00085488 "México. Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". 91 p. Ruiz Suárez, L.G., B.E. Mar Morales y P. Domínguez Taylor: PNUD/Instituto Nacional de Cambio Climático.

Ruiz-Suárez, L.G.; Mar-Morales, B.E.; García-Reynoso, J.A.; Andraca-Ayala, G.L.; Torres-Jardón, R.; García-Yee, J.S.; Barrera-Huertas, H.A.; Gavilán-García, A.; Basaldud Cruz, R. Estimation of the Impact of Ozone on Four Economically Important Crops in the City Belt of Central Mexico. *Atmosphere* 2018, 9, 223.

S.S. Lim, T. Vos, A.D. Flaxman, G. Danaei, K. Shibuya, H. Adair-Rohani, *et al.* A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, *Lancet,* 380 (9859) (2012), pp. 2224-2260.

Seshadri, A. K. (2015). "Economic tradeoffs in mitigation, due to different atmospheric lifetimes of CO_2 and black carbon." *Ecological Economics* 114: 47-57.

Shindell, D., *et al.* (2017). "A climate policy pathway for near- and long-term benefits." *Science* 356(6337): 493-494.

3

Políticas y medidas de mitigación

3.1 Políticas y acciones de mitigación sectorial

Introducción

Comprometido con el propósito global de la mitigación del cambio climático, México promueve el diálogo y la cooperación internacionales para cumplir las metas del Acuerdo de París. Como miembro de la Coalición de Alta Ambición, México incluso se plantea redoblar esfuerzos para contribuir a la meta global de evitar que el aumento de la temperatura media mundial rebase los 1.5 °C sobre los niveles preindustriales. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es un reto extraordinario para más de 53 millones de personas que requieren mejores oportunidades sociales y económicas en un país cuya matriz energética continúa dominada en más de 90% por la energía fósil. De cara a este gran reto, y en respuesta a la mejor ciencia disponible que muestra los riesgos del cambio climático en México y el mundo, el compromiso de este país es integrar a la planeación nacional del desarrollo, incentivos que lo conduzcan hacia una dinámica de desarrollo económico coherente con la del desarrollo sostenible.

La política mexicana de mitigación tiene por fundamentos la Ley General de Cambio Climático (LGCC), promulgada en 2012, y el compromiso adquirido ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Entre los países en desarrollo, México fue el primero en presentar su Contribución nacional prevista y determinada (CND) y la Estrategia de Medio Siglo (EMS).[1] En la CND se comprometió a una reducción de emisiones no condicionada de 22%, con respecto a la línea base de 2030, y en la EMS se planteó un escenario de reducción de emisiones de 50% para 2050, sujeto al apoyo internacional que movilice recursos financieros y tecnologías, y que facilite la creación de capacidades en el país. En ambas iniciativas se evaluaron escenarios más ambiciosos, como el de lograr esta meta de forma acelerada alcan-

[1] La CND se presentó en 2015. La Estrategia de Medio Siglo en 2016, durante la COP 22, en cumplimiento del Artículo 4, párrafo 19, del Acuerdo de París.

zando 36% de reducción de emisiones, con respecto a la línea base de 2030, de forma condicionada a un acuerdo internacional que movilice recursos a la escala necesaria y cuente con instrumentos internacionales de precio del carbono, incluyendo ajustes fronterizos de éste.

Gracias a la LGCC, las instituciones nacionales dedicadas a atender la política de mitigación se han fortalecido, y de forma particular los instrumentos de política pública contemplados en dicha ley se han establecido en un marco claro de competencia. En 2013, se publicaron la *Estrategia nacional de cambio climático* visión 10-20-30 –misma que sirvió como base para la EMS– y el *Programa especial de cambio climático* 2013-2018 (PECC), el segundo programa de esta naturaleza en México. Por vez primera se buscó integrar a dicho programa un presupuesto transversal para apoyar la ejecución de las medidas. En 2013, se creó el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) para apoyar a la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático con el mejor conocimiento científico disponible para la elaboración de la política pública de atención al cambio climático.

Insertado en este marco institucional, México ha reducido –desde la última comunicación nacional en el periodo 2013 a 2017– 70.23 millones de toneladas de CO_2e, con respecto a la línea base del 2013, sumadas las acciones del gobierno federal y de las entidades federativas. De particular relevancia en la mitigación es el incremento de la energía limpia, las acciones de eficiencia energética, y el cuidado de los bosques y selvas del país por la captura carbono. Se precisa que estas cifras pueden no incluir toda la mitigación del país, debido a que no todas las acciones han podido cuantificarse; por ejemplo, el impacto del impuesto sobre el carbono. En este capítulo se detallan las acciones, y en el Anexo del IBA se presenta de forma transparente la cuantificación de las principales medidas de mitigación con los detalles metodológicos de las estimaciones para cada sector.

Al centro de la política nacional de mitigación se encuentran los criterios de equidad intergeneracional, para establecer las condiciones de una transición justa y aprovechar la política de cambio climático para acelerar la modernización tecnológica del país. Hay convicción al reconocer la necesidad de realinear objetivos y políticas públicas para mitigar las emisiones de la manera correcta, pues traerá beneficios a la población actual y a las futuras generaciones que se insertarán en la economía global de bajo carbono.

México se cuenta entre los países con mayor ambición climática del mundo, y espera que el recuento de sus acciones de mitigación dé testimonio del avance decidido y real que el país ha tenido en los últimos años. Esta comunicación busca compartir de forma transparente el aprendizaje en estas políticas, dadas las lecciones a lo largo del quehacer de mitigación en el país que son motivo de reflexión y ayudarán a ajustar medidas con base en evaluaciones y diálogos nacionales. Tanto el PECC como el presupuesto transversal han sido sujetos a una evaluación por la Coordinación de Evaluación de tercera parte, presidida por el INECC e integrada por expertos del sector científico, social y privado, y se han elaborado recomendaciones para su mejora.[2]

Para la integración de este capítulo se consultó a todas las dependencias del gobierno federal, a los gobiernos estatales y representantes del sector privado. Se recibieron contribuciones de todas las secretarías y de los siguientes estados: Baja California, Campeche, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Oaxaca, Yucatán, Tamaulipas y Tlaxcala. Al sector privado se le solicitó participar en el reporte de sus acciones de mitigación, procedimiento en el que empresas de la industria química, del acero y del papel aportaron información. Se conformaron grupos técnicos interinstitucionales en todos los sectores para construir las rutas de mitigación con apoyo del PNUD (INECC-PNUD, 2018a) y así fundamentar las acciones de mitigación propuestas en la CND e identificar medidas que permitan aumentar la ambición.

[2] Los resultados de la evaluación del PECC y del Anexo transversal pueden consultarse en: https://www.gob.mx/inecc/documentos/informes-de-los-resultados-de-la-evaluacion-estrategica-del-anexo-transversal-y-del-programa-especial-de-cambio-climatico

Tras el proceso de consulta y análisis internacional (ICA por sus siglas en inglés) se hizo un esfuerzo por atender las recomendaciones del equipo técnico que revisó la sección de mitigación del primer informe bienal. También, y en el marco del proyecto de Reglas de Contabilidad financiado por Alemania (INECC-GIZ, 2018), se realizaron talleres de capacitación para los responsables de las dependencias sobre los lineamientos para la integración de los reportes nacionales ante la CMNUCC y estudios para diseñar el sistema de MRV para la CND. Se hizo también un esfuerzo para alinear las metodologías de estimación del potencial de abatimiento a las del Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.

El presente capítulo profundiza en cada uno de los sectores y describe los principales programas en marcha y la planeación de las rutas de mitigación para lograr las metas de la CND y de la EMS. A esa información le precede, en el apartado siguiente, la de los principales instrumentos transversales.

La información se estructura de acuerdo con los sectores económicos del país y que también se reconocen en la LGCC. En este sentido y conforme a las directrices de la Convención para la presentación de informes bienales, el capítulo considera los siguientes sectores:

- Generación de energía eléctrica.
- Petróleo y gas.
- Transporte.
- Industria.
- Residencial y comercial.
- Residuos.
- Agricultura y ganadería.
- Uso del suelo y cambio de uso del suelo.

Principales instrumentos transversales de la política de mitigación

En el capítulo 1 "Circunstancias nacionales y arreglos institucionales" se abordan detalladamente los distintos instrumentos, programas y arreglos institucionales. Los que se mencionan a continuación son relevantes en materia de mitigación.

Programa especial de cambio climático 2014-2018

El *Programa especial de cambio climático 2014-2018* (PECC), como instrumento de planeación mandatado por la Ley General de Cambio Climático, integra los esfuerzos y compromisos de las dependencias y entidades participantes en la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). El PECC 2014-2018 contiene cinco objetivos, 26 estrategias y 199 líneas de acción; de éstas, 81 acciones corresponden a la mitigación de emisiones de GEI, con una meta inicial de reducir emisiones en 83.2 millones de toneladas de CO_2e.

Asimismo, para su monitoreo, el PECC cuenta con diez indicadores de resultados para dar seguimiento a los compromisos durante el periodo 2014-2018, en donde se especifica una línea base (2013), una meta a 2018 y una metodología de cálculo. Los avances del PECC se informan anualmente y están disponibles al público en el sitio oficial de la SEMARNAT.[3] En la descripción de las acciones de mitigación de cada uno de los sectores se realiza un análisis de las medidas más importantes del PECC, de su avance y de las barreras encontradas en su implementación.

Impuesto al carbono

Como se informó en el primer IBA de México, en octubre de 2013, el Congreso de la Unión aprobó diversas modificaciones en materia fiscal, que entraron en vigor en 2014. Entre esas modificaciones cabe destacar el establecimiento de un impuesto a fabricantes, productores e importadores por la enajenación e importación de combustibles fósiles, con base en su contenido de carbono. Los objetivos de este impuesto son promover la adopción de tecnologías más limpias en la producción de bienes y servicios, y desincentivar la emisión de GEI. De febrero de 2014 a mayo de 2018, los ingresos fiscales por este impuesto ascendieron a $1,624 millones de dólares (SAT, 2018). El uso de gasolinas determinó la principal con-

[3] Los Informes del PECC están disponibles en: http://www.semarnat.gob.mx/gobmx/transparencia/trendicion.html

tribución con 43% de este ingreso, seguido por el diésel con 28 por ciento. En un siguiente nivel de importancia, el gas licuado de petróleo (GLP) y el combustóleo contribuyeron con 10% y 9% respectivamente, y finalmente el carbón con 4% y el coque con 1 por ciento.

En 2017, el impuesto especial sobre producción y servicios para combustibles fósiles indicó un valor de $2.20 dólares por tonelada de carbono. Dicho impuesto tasa de manera diferenciada, a partir del contenido de carbono, los siguientes combustibles fósiles: propano, butano, gasolinas, gasavión, turbosina y otros querosenos, diésel, combustóleo, coque de petróleo y de carbón, carbón mineral, y cualesquier otros combustibles derivados del petróleo, carbón mineral o gas natural que se destinen a un proceso de combustión y que no se encuentren dentro del listado de las cuotas del impuesto especial sobre producción y servicios aplicable a los combustibles fósiles. Es importante señalar que el gas natural y la turbosina fueron exceptuados del impuesto al carbono durante la aprobación de la ley en el Congreso.

La Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios permite el pago del impuesto mediante la entrega de los bonos de carbono provenientes de reducciones certificadas de emisiones de proyectos mexicanos aprobados por la CMNUCC. En 2017 se publicaron las reglas para poder hacer el pago utilizando los CER del MDL (SHCP y SEMARNAT, 2017).

El primer año se recaudaron $491 millones de dólares de los $743 millones que se esperaba recaudar para ese mismo año, de acuerdo con la Ley de Ingresos de la Federación para el ejercicio fiscal de 2014. En 2015, los ingresos por este concepto fueron 21% menores que los recaudados en 2014, es decir, $388 millones de dólares. La estimación de recaudación para ese mismo año fue de $501 millones de dólares.

En 2016 se recaudó 90% menos que en 2015. Sin embargo, la mayor cantidad de ingresos registrada por este gravamen se alcanzó en 2017, con $579 millones de dólares; es decir, 54% más de lo que se esperaba recaudar ese año. Finalmente, para 2018 se estima una recaudación de $445 millones de dólares (DOF, 2017).

Reducción de subsidios a combustibles fósiles

Tras la reforma energética de 2013, el sector energético del país se ha transformado radicalmente. Las acciones específicas de ese sector se describen en el apartado Energía, pero aquí es importante considerar como programa transversal a la política de reducción de subsidios a los combustibles fósiles que se ha implementado en el país. La razón de la reforma en este rubro incluye el saneamiento de las finanzas públicas[4] con criterios de eliminación de impuestos regresivos, y la doble finalidad de corregir los precios para incentivar la inversión necesaria en la modernización del sector energético y un consumo sustentable de los energéticos.

Entre enero de 2000 y diciembre de 2010, los precios nacionales de las gasolinas y diésel en México se incrementaron 81% y 128%, respectivamente, mientras que los precios internacionales del petróleo lo hicieron en 231 por ciento. El resultado fue que los precios al consumidor en el mercado mexicano quedaron muy por debajo del costo en el mercado internacional.

Desde 2012 el país ha mantenido la política de suavizar los incrementos a los precios de los combustibles a fin de que los precios nacionales alcanzaran a los internacionales con la reducción gradual de subsidios netos. En 2014, tras una reducción de los precios del petróleo, el país logró la meta de eliminar los subsidios e incluso los impuestos recaudados de gasolina y diésel totalizaron más de 10,000 millones de dólares en 2015. Se eliminó también el subsidio al GLP en 2015.

En la actualidad, el precio de los combustibles fósiles se regula mediante una fórmula cuya variable fundamental es el precio internacional. La Comisión Reguladora de Energía trabaja en un programa para lograr la liberación total de los precios de los combustibles, a partir de las condiciones específicas de cada región del país.

[4] En 2008, año pico de los subsidios gubernamentales a dichos combustibles, el gobierno mexicano dedicó cerca de $20,000 millones de dólares a subsidiar la energía fósil; es decir, 1.6% del PIB.

Con estas medidas, México avanza en los compromisos adquiridos con los países del G20 en materia de eliminación de subsidios, y para ello ha participado en una revisión de pares con Alemania para el análisis de las cifras previamente mencionadas (GIZ, 2017b).

Mercado de carbono

La Ley General de Cambio Climático aprobada en 2012 proporcionaba el marco legal básico para el establecimiento de un mercado voluntario de carbono en México. En octubre de 2017, SEMARNAT, la Bolsa Mexicana de Valores –a través de la plataforma de mercados voluntarios– y MexiCO_2 anunciaron el inicio de un ejercicio de simulación de mercado de carbono. Dicho ejercicio se implementó en línea, con más de 90 participantes del sector privado con una duración de diez meses y se realizó con el apoyo del Banco Mundial a través de la Partnership for Market Readiness (PMR). Junto con la implementación del Registro Nacional de Emisiones, la simulación es consistente con el objetivo del país de implementar un mercado de carbono hacia 2018.

En diciembre de 2017, la Cámara de Diputados aprobó cambios a la Ley General de Cambio Climático, entre los cuales se incluyó el mandato de establecer de forma progresiva y gradual un sistema de comercio de emisiones (mercado de carbono) para promover la reducción de emisiones al menor costo posible, de forma medible, reportable y verificable, y sin vulnerar la competitividad de los sectores participantes. La reforma a la Ley se publicó el 13 de julio de 2018 en el *Diario Oficial* (Cámara de Diputados, 2017)

Este mandato especifica que se debe iniciar con una fase de prueba de tres años. Por su parte, la SEMARNAT conformó un grupo de trabajo con los principales representantes del sector privado para discutir los elementos fundamentales del diseño del programa de prueba del sistema de comercio de emisiones de México, los cuales conformarán las bases preliminares (2018). De manera paralela se desarrollan estudios que proporcionan los elementos técnicos para el diseño del sistema, tales como análisis de competitividad, definición del límite de emisiones del sistema de comercio de emisiones, análisis legal, entre otros, en el marco del proyecto "Preparación de un Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) en México" que forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU), implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y GMBH (Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable) por encargo del BMU. Para más información al respecto, consultar el apartado sobre Instrumentos económicos en el capítulo 4, "Economía del cambio climático".

Acciones en regiones y entidades

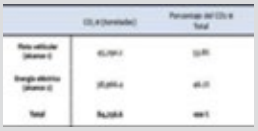
Además de las acciones que se plasman en los instrumentos que dirigen las instancias del gobierno federal, las acciones en regiones y entidades son múltiples y responden a la vocación de los recursos naturales en cada una. Hay 32 entidades federativas (31 estados y la Ciudad de México), de las cuales 23 tienen leyes estatales de cambio climático y 29 tienen programas estatales de cambio climático.

A pesar del gran compromiso de las entidades federativas, a la fecha es difícil estimar el total de reducciones asociadas a la acción en este ámbito, ya que se requiere de un sistema MRV que integre todas las acciones, homologue metodologías y realice los ajustes necesarios para evitar dobles conteos. En adición, se requiere crear mayores capacidades en las entidades para la definición de acciones y alineación con las metas nacionales. La SEMARNAT y el INECC trabajan conjuntamente para apoyar a las entidades en la alineación de políticas y en la creación de la capacidad técnica para el reporte de la mitigación.

El avance del país en esta cuantificación se muestra en el Anexo del IBA. Para la integración de la *Sexta Comunicación Nacional,* se recibió de los gobiernos locales, por acciones en implementación, un reporte total de la mitigación de emisiones de GEI por 9.63 $MtCO_2e$; sin embargo, considerando que las acciones de mitigación en el sector de energía, debidas a eficiencia energética y al uso de fuentes renovables de energía, ya están contabilizadas en el reporte nacional de mitigación (3.39 $MtCO_2e$), la contribución local neta se ajustó a 6.24 $MtCO_2e$.

Como ejemplo, el **Cuadro 3.1** muestra algunas de las acciones de mitigación realizadas por las entidades federativas en diversos sectores, y se presenta más información en las secciones correspondientes y en el *Segundo Informe Bienal Actualizado* (**Anexo 1**).

Cuadro 3.1. **Ejemplos de acciones de mitigación**

Ciudad de México (INECC, 2018g)	
Transporte público: construcción del corredor vial para la línea 5 del Metrobús, en su segunda etapa (Eje 3 Oriente) y adquisición de trenes para el tren ligero, potencial de mitigación de GEI (53,400 toneladas de CO_2e/año).	
Ahorro y uso eficiente de energía: rehabilitación y modernización en operación de la infraestructura de alumbrado público; mantenimiento preventivo y correctivo (9,800 toneladas de CO_2e/año).	
Abastecimiento y calidad del agua potable: construcción y modernización de plantas de bombeo y potabilizadoras, lagunas de regulación, cárcamos y pozos de agua potable (23,200 toneladas de CO_2e/año).	
Yucatán (INECC, 2018g)	
Implementación del proyecto del sistema de biodigestores para pequeñas y medianas granjas porcícolas 2013-2014.	
Residuos sólidos: de 2012 a 2016 se invirtieron $43,983,472 pesos en la clausura, saneamiento y rehabilitación de sitios de disposición final en ocho municipios.	
Plan de gestión de carbono: para mitigar el impacto de las actividades del gobierno estatal ante el cambio climático, mediante prácticas de eficiencia energética y uso de energías renovables, que permita generar beneficios ambientales y ahorros económicos.	
Proyecto piloto Sistemas silvopastoriles intensivos: • 71.5 hectáreas del sistema de pastoreo intensivo • 42.6 hectáreas con árboles de ramón • Inversión de $570,000 pesos, los cual incluye el pago de 1,369 jornales.	
Jalisco (INECC, 2018g)	
Juntas intermunicipales de medio ambiente: 17 proyectos implementados en 63 acciones de generación de energía, manejo de fuego, conservación y residuos.	

Cuadro 3.1. **(Continuación)**

Plan de gestión de carbono: implementación de acciones para mitigar las emisiones de CO_2 a la atmósfera.	
Coahuila (INECC, 2018g)	
40% del alumbrado público de Saltillo proviene del biogás del relleno sanitario local.	
Torreón instaló 312 luminarias con tecnología LED alimentadas por 168 paneles fotovoltaicos.	
Programa de separación de residuos (San Pedro de las Colonias) con una reducción de 40% de RSU al relleno sanitario.	
Programa de detección oportuna de incendios forestales.	

Sector generación de energía eléctrica

Panorama general de la producción de electricidad

Este sector representa 70.41% (480.87 $MtCO_2e$) de las emisiones totales nacionales brutas, y de esa cantidad, la producción de energía eléctrica contribuye con 18.32% (125.12 $MtCO_2e$) (INECC, 2018c). Por la relevancia de la producción de electricidad en la mitigación del cambio climático y en la transición hacia energías limpias, tanto la Ley General de Cambio Climático (Cámara de Diputados, 2012b) como la Ley de Transición Energética, y sus respectivas estrategias nacionales de largo plazo, establecen metas para la generación de energía limpia y dan atribuciones a la Secretaría de Energía (SENER), en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), para establecer acciones y programas. Así, el

país tiene la meta de que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpias alcance por lo menos 35% para el año 2024, 40% al 2035 y 50% al 2050 (SENER, 2016a). Para el caso de eficiencia energética se establece una meta de reducción de 1.9% de la intensidad energética por consumo final para el periodo 2016 a 2030, y de 3.7% para el periodo 2031 a 2050 (SENER, 2014).

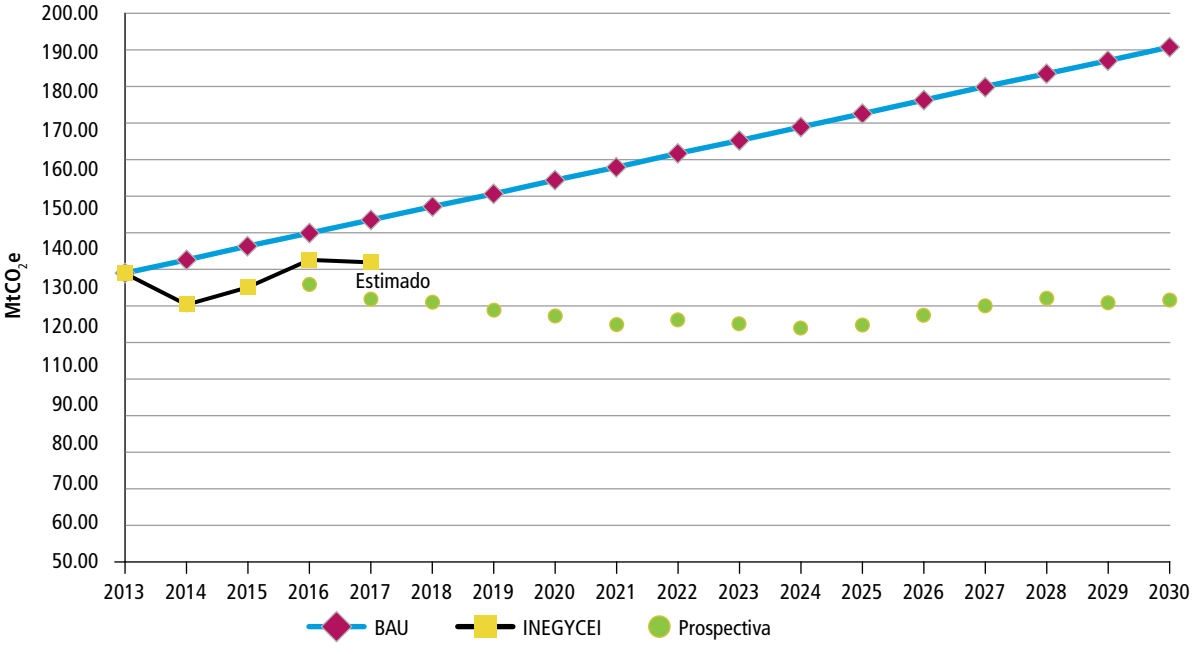
La **Figura 3.1** muestra la evolución esperada de las emisiones del sector, en el escenario de negocio en marcha (*business as usual*, BAU) y con las acciones que el país planea llevar a cabo para cumplir con las metas de energía limpia hacia 2030. La línea superior es calculada por el INECC considerando como año base 2013, y las emisiones en el escenario de mitigación tienen como base la Prospectiva del Sector Eléctrico en el horizonte 2017-2031 que elabora la SENER (SENER, 2017c). La línea inferior muestra las emisiones observadas, como se reportan en el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2015.

Política de mitigación en la generación de electricidad

El 21 diciembre de 2014 se promulgó la reforma constitucional en materia energética, así como la modificación y creación de legislaciones secundarias del sector (Gobierno de la República, 2013). Este nuevo marco legislativo impulsa la inversión privada para la modernización de la infraestructura del sistema de energéticos y el Sistema Eléctrico Nacional (SEN); paralelamente se constituyeron los órganos reguladores y organismos descentralizados del Estado mexicano, que operan, administran y coordinan los energéticos (Comisión Reguladora de Energía, Centro Nacional de Control de Energía, CENACE).

Dentro de las legislaciones secundarias más importantes que impulsan la sustentabilidad, el compromiso con el medio ambiente y el uso de tecnologías de energía renovable, se cuentan las siguientes:

Figura 3.1. **Emisiones en la producción de energía eléctrica en el horizonte 2017-2031**



El país muestra ya una desviación de las emisiones por generación eléctrica con respecto a su línea base. Es importante subrayar, sin embargo, que para 2016 y 2017, las emisiones observadas superaron a las planeadas.

En el Anexo 1 del IBA se analizan estas desviaciones.

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2017c, e INECC, 2018g.

Ley de Transición Energética (LTE)
(Cámara de Diputados, 2015)

- Obliga al cumplimiento de las metas de energía renovable y de eficiencia energética de manera económicamente viable.
- Incorpora el cálculo de externalidades en los costos asociados a la generación de electricidad.
- Impulsa la instalación de centrales eléctricas con tecnologías limpias en la planeación de la infraestructura eléctrica.
- Plantea la coordinación de fondos y fideicomisos del gobierno federal para el aprovechamiento sustentable de la energía.

Ley de la Industria Eléctrica (LIE)
(Cámara de Diputados, 2014b)

- Regula los procesos de planeación y control de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Impulsa el financiamiento para la electrificación en comunidades rurales y zonas urbanas marginadas.
- Incluye un esquema de certificados de energías limpias (CEL).
- Establece la obligación a suministradores y usuarios calificados para adquirir una proporción de energías limpias.

Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios (SENER-CONUEE, 2016)

- Derivada de la Ley de Transición Energética, se promulgó en 2016. Cuenta con componentes de planeación de mediano y largo plazo, 15 y 30 años, respectivamente. A partir de una serie de análisis del sector energético se definieron metas de energías limpias y eficiencia energética que deberían conformar el SEN.
- Establece políticas y acciones en materia de eficiencia energética, aplicable a cinco sectores, al igual que para energías limpias.
- Para dar seguimiento a las metas, cuenta con indicadores para monitorear la dinámica hacia la transición energética en la generación eléctrica y el consumo de energía en el país.

Los principales programas que derivan de este marco legal se describen a continuación.

Programa especial de la transición energética 2017-2018 (PETE)

Este programa se publicó en mayo de 2017. Tiene la finalidad de establecer las actividades y proyectos derivados de las acciones descritas en la Ley de Transición Energética, que en su artículo 18 menciona la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios. El análisis presenta las políticas públicas más importantes para apoyar a las energías limpias, y resalta las fortalezas y áreas de oportunidad de la política energética nacional, para identificar las principales acciones económicamente viables, que faciliten la transición del país hacia un sistema energético más sustentable (SENER, 2016d).

Programa nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía 2014-2018 (PRONASE)

Publicado en abril de 2014 y actualizado en enero de 2017, derivado de la publicación de la LTE. Este programa establece los objetivos, metas, estrategias y acciones que permitirán alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades de la cadena energética. El PRONASE 2014-2018 toma en consideración la entrada de tecnologías para cumplir la meta indicativa de eficiencia energética establecida en la Estrategia (CONUEE, 2018).

Programa nacional de sistemas de gestión de la energía (PRONASGEN)

Establecido por la CONUEE con el fin de apoyar a los usuarios de energía en el desarrollo de sus capacidades para que implementen sistemas integrales de gestión energética en sus instalaciones que les permitan elevar su competitividad a través del uso sustentable de la energía (CONUEE-GIZ, 2015).

Programa para la promoción de calentadores solares de agua (PROCALSOL)

Creado por la CONUEE para el periodo 2013-2016 (CONUEE, 2018), con el propósito de fortalecer el crecimiento del mercado, favorecer a la industria nacional e impulsar la adopción de tecnologías sustentables en los sectores privado, público y residencial. Este programa fortaleció el mercado de tecnologías de calentamiento solar en México. Junto con este programa se iniciaron otras actividades, como:

- Iniciativa para la transformación y fortalecimiento del mercado de calentadores solares de agua, en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Mecanismo financiero piloto para calentamiento solar de agua (CSA) en la Península de Yucatán para fomentar la adquisición de sistemas de CSA en el sector hotelero.

A continuación, se describen las principales acciones y medidas de mitigación contenidas en dichos programas.

Principales acciones y medidas de mitigación

Generación de energía eléctrica

La capacidad instalada de generación eléctrica creció un 2.9% anual en el periodo 2012 a 2016, pasando de 62,547 MW en 2012, a 73,510 MW en 2016 (SENER, 2017c). La evolución de la capacidad instalada ha estado marcada por el crecimiento de la tecnología de ciclo combinado a gas natural y las tecnologías de generación limpia. La generación eléctrica de México en los 16 últimos años muestra la acelerada sustitución de las centrales termoeléctricas convencionales por plantas de ciclo combinado, subsector que ha generado, en los últimos cuatro años, más de 50% de la energía utilizada en el país (**Figura 3.2**). Se observa una reducción significativa de generación con plantas duales; sin embargo, ha incrementado la generación con carboeléctricas. La participación de las energías limpias se ha incrementado y, en julio de 2017, representó 20.82% de la generación eléctrica nacional.

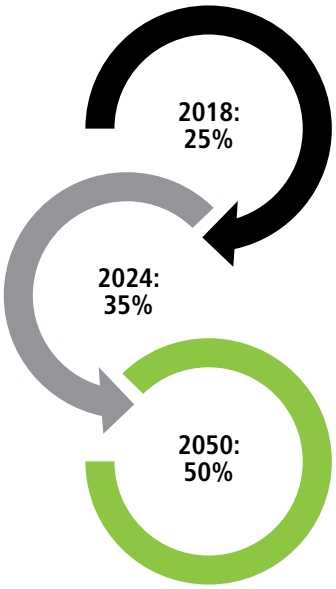
Al cierre de 2015 se mitigaron 12.5 $MtCO_2e$, lo que corresponde a una reducción de 9.1% respecto al BAU calculado por el INECC (INECC, 2018c) (**Figura 3.1**).

La generación con fuentes limpias alcanzó 19% del total de la generación en 2017; la generación por tecnología limpia se desagrega en la **Figura 1.3**. La energía limpia con mayor participación en la generación es la hidráulica, que contribuye con 11.7% del total nacional de generación, seguida de la nuclear y la geotermia, que contribuyen con 4.2% y 2.3%, y en menor proporción la energía eólica y la fotovoltaica, con una contribución de 0.77% y 0.004%, respectivamente.

Metas de energía limpia y certificados de energía limpia

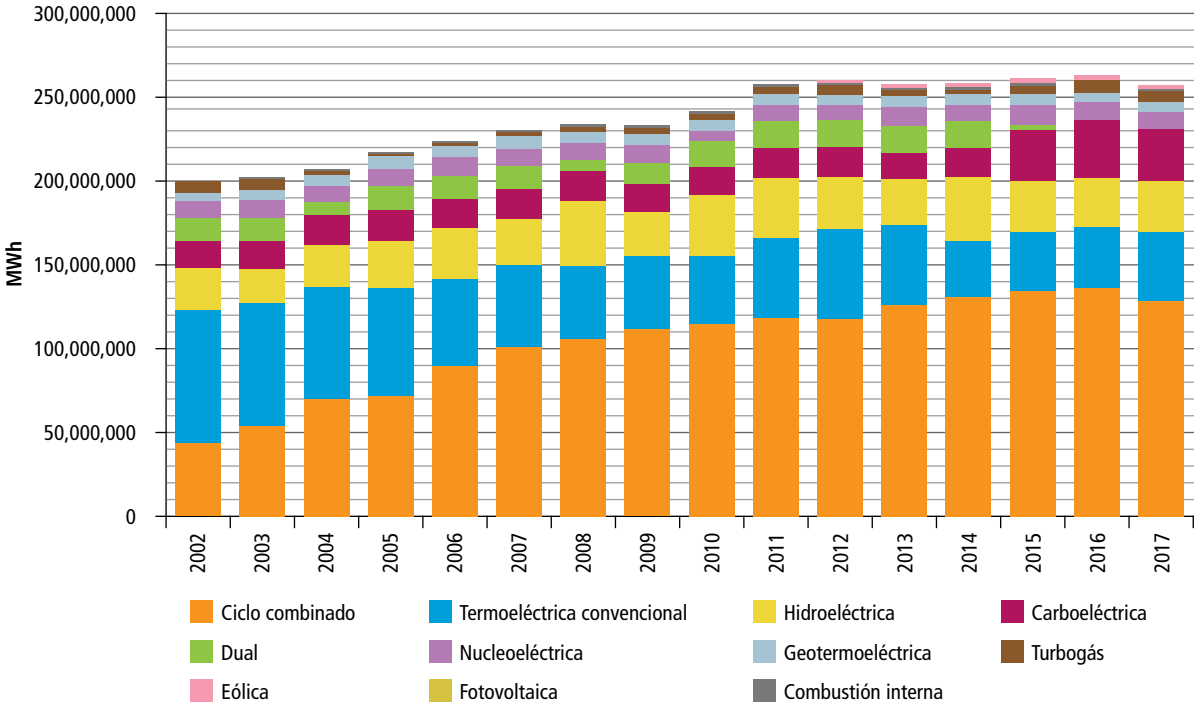
Uno de los elementos más importantes en la estrategia del sector energético es el establecimiento de las metas y obligaciones en materia de energías limpias y eficiencia energética, como se muestra en la **Figura 3.4**.

Figura 3.4. **Porcentaje de generación limpia en la generación eléctrica total**



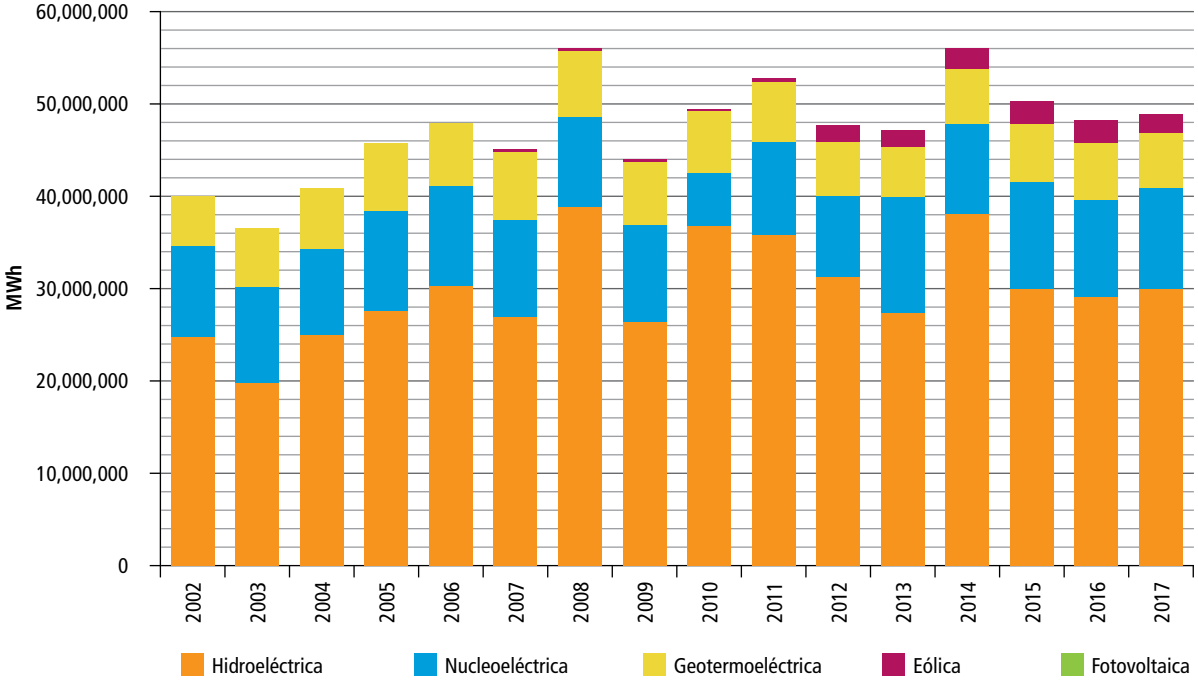
Fuente: Cámara de Diputados, 2017 (Cámara de Diputados, 2017).

Figura 3.2. **Generación eléctrica anual por tipo de tecnología**



Fuente: Secretaria de Energía, 2017 (SENER, 2017c).

Figura 3.3. **Generación eléctrica anual por tecnología limpia**



Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, 2018 (SENER, 2018c).

Para incentivar la generación con fuentes renovables, la Ley de la Industria Eléctrica (Cámara de Diputados, 2014b), establece los certificados de energía limpia (CEL) como aquellos títulos emitidos por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la cual acredita la producción de una cantidad determinada de energía eléctrica (1 MWh) a partir de energías limpias y que sirve para cumplir los requisitos asociados con el consumo de los centros de carga.

La SENER determina, dentro de los tres primeros meses de cada año, el requisito de CEL que deberá cubrirse al tercer año. Una vez establecidos los requisitos para un año futuro, no se reducirán. En 2015, la SENER estableció el requisito para 2018 en 5% del total del consumo del centro o punto de carga; para 2016 estableció el requisito en 5.8% a ser cumplido en 2019. El artículo 123 de la LIE establece que:

> Los Suministradores, los Usuarios Calificados Participantes del Mercado y los Usuarios Finales que se suministren por el abasto aislado, así como los titulares de los Contratos de Interconexión Legados que incluyan Centros de Carga, sean de carácter público o particular, estarán sujetos al cumplimiento de las obligaciones de Energías Limpias en los términos establecidos en esta Ley.
>
> A tales actores se les denomina participantes obligados.

Entre marzo de 2016 y abril de 2017, el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) llevó a cabo tres subastas eléctricas de largo plazo enfocadas en aumentar la capacidad de generación y la potencia instalada, y en generar certificados de energía limpia (CEL), con el fin de alcanzar la meta nacional de generación de energía limpia hacia 2024, con la intención de lograr que al menos 35% de la electricidad corresponda a energías limpias en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Los resultados de las subastas se muestran en la **Tabla 3.1**, que resume los resultados de las tres primeras licitaciones a largo plazo. Durante el primer trimestre de 2018 se lanzó una cuarta convocatoria. Ello significa que el país podría tener contratada la capacidad adicional de energía limpia, en proceso construcción y operación para finales de 2019. El país realiza estas subastas con el fin de incrementar la potencia instalada para encaminarse a una ruta que le permita cumplir con el 35% de la generación eléctrica basada en energías limpias en 2024.

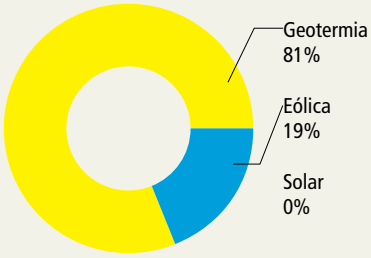
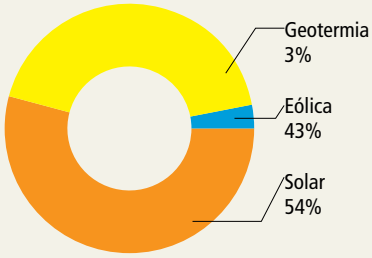
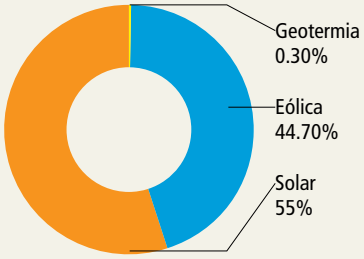
Los precios de las subastas mostraron un comportamiento a la baja. La tercera subasta de largo plazo mostró los precios más bajos comparados con los alcanzados en otros países, en donde 16 proyectos de generación mostraron un precio promedio por debajo de los precios marginales locales estimados en el programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2017 (Cámara de Diputados, 2017). Es importante mencionar que, en la primera subasta, los precios de los paquetes de energía y CEL adjudicados resultaron en promedio más altos que los precios marginales locales (PML). Los resultados de la tercera se encuentran 40% abajo del PML proyectado para 2020 (Cámara de Diputados, 2017), lo cual rompió un nuevo récord nacional e internacional con un promedio ponderado de precios de $19.87 dólares/MWh.

En el Anexo 1 se precisa la metodología empleada en el cálculo de la estimación de la mitigación generada por la implementación de esta acción, en la ficha "Acciones para lograr la reducción de emisiones en el sector eléctrico nacional incluidas en el *Programa especial de cambio climático* y el *Programa de transición energética*". (Consultar también el apartado sobre Instrumentos económicos en el capítulo 4, "Economía del cambio climático".)

Reducción de pérdidas técnicas

La red nacional de transmisión (RNT) se encuentra en constante actualización, con el propósito de minimizar los costos de prestación del servicio, reducir los costos de congestión e incentivar una expansión eficiente de la generación, a partir de los criterios de calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad de la red. Uno de los principales objetivos del programa de expansión, renovación y optimización de la RNT considera la reducción de pérdidas técnicas. En la **Figura 3.5** se presentan los avances reportados por el Sistema de Información Energética (SIE) (SENER, 2018c) de SENER, en materia de reducción de

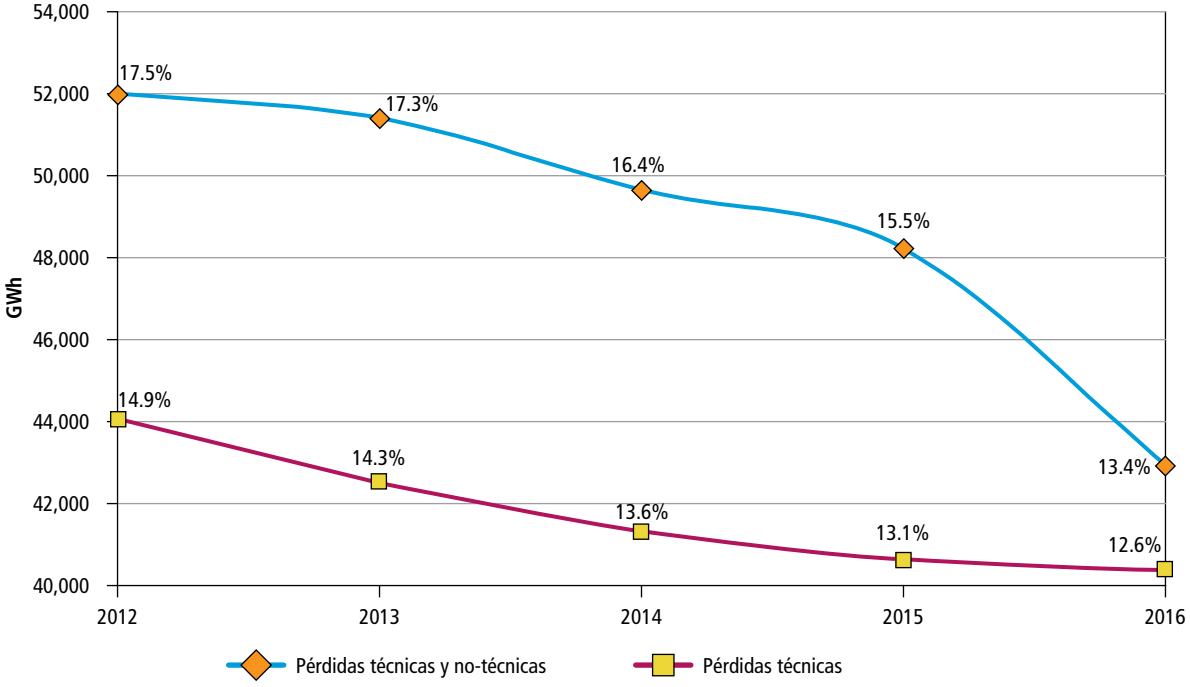
Tabla 3.1. **Resultados de las tres primeras subastas eléctricas de largo plazo**

Primera Subasta (31 de marzo 2016)	Segunda Subasta (23 de sept 2016)	Tercera Subasta (abril de 2017)
Capacidad instalada: 2,085 MW	Capacidad instalada: 2,871 MW	Capacidad instalada: 7,451 MW
Inversión (mdd) $2,600 (3 años)	Inversión (mdd) $4,000 (3 años)	Inversión (mdd) $2,400 (3 años)
CEL* 5.4	CEL* 9.3	CEL* 5.95
Potencia MW por año No se adjudicó	Potencia MW por año 1,187 (80.1% de lo solicitado)	Potencia MW por año 593 (41.9 % de lo solicitado)
Precio dólares/MWh $47.78	Precio dólares/MWh $33.7	Precio dólares/MWh $20.57
		

* Millones de certificados de energía limpia.

Fuentes: Secretaría de Energía, 2017 y del Centro de Asesoramiento y Seguridad Empresarial, 2017 (SENER, 2017d) (CENACE, 2017).

Figura 3.5. **Pérdidas técnicas en transmisión y distribución 2012-2016**



Fuente: Secretaría de Energía, 2018 (SENER, 2018c).

pérdidas técnicas tanto en distribución como en transformación en el periodo 2012-2016. La gráfica muestra la reducción de las pérdidas, ligadas a la modernización de los sistemas de transformación y distribución de energía. En 2016, las pérdidas técnicas se estimaron en 12.6%, cifra que supera significativamente el rango promedio que propone la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), el cual fluctúa entre 8% y 6%; por ello es que México tiene como meta reducir al 8% las pérdidas técnicas al 2024 (IEA, 2016) (IADB, 2014).

Las pérdidas no técnicas (energía no cobrada) han sido sistemáticamente reducidas de 2.68% (2012) y 2.75% (2014) a 0.80% (2016) (SENER, 2018c). En la cuantificación de la mitigación, sin embargo, las pérdidas no técnicas no son consideradas, puesto que esta energía sí se consume en la línea base.

El SEN se integra por 53 regiones de transmisión (SENER, 2017c). La **Tabla 3.2** presenta los proyectos de modernización de la red de distribución y transformación del SEN, donde destaca el proyecto de conducción de gran capacidad en corriente directa desde la zona del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, hacia la zona del Valle de México. Este proyecto permitirá un incremento significativo de la potencia eólica instalada en la región del Istmo, mediante sistemas de punta que reducen las pérdidas técnicas en la transmisión en grandes distancias, lo que significa un mayor aprovechamiento del recurso eólico de la región para la generación de energía y contar con un sistema de transmisión de bajas de pérdidas técnicas. La reducción de pérdidas técnicas y el acceso a mayor potencia de generación eólica redundan en la mitigación de emisiones.

Otro ejemplo es la interconexión de la red de transmisión de la Península de California con el SEN, que permitirá alimentar la región del país que actualmente tiene la matriz energética más costosa y dependiente del uso de combustibles fósiles. El contar con una red que interconecte el norte con el sur de la península representa una oportunidad para el aprovechamiento del potencial eólico y fotovoltaico en la región, actualmente alejado de un troncal de transmisión que permita la distribución de la energía que se puede producir.

En el Anexo 1 se precisa la metodología empleada en el cálculo de la estimación de la mitigación generada por la implementación de esta acción, en la ficha "Acciones para lograr la reducción de emisiones en el sector eléctrico nacional incluidas en el Programa Especial de Cambio Climático y el Programa de Transición Energética", donde se desagrega la reducción de pérdidas técnicas.

Tabla 3.2. Proyectos de ampliación de la red, repotenciación y mejora de la red de transmisión y transformación del Sistema Eléctrico Nacional

Proyecto	Capacidad MVA	Tensión kV	Longitud km-c
Línea de transmisión Corriente Directa Tehuantepec-Valle de México	3,000	500	1,200
Interconexión Baja California -SIN	875	500	5,620
Línea de transmisión CA submarina Playacar-Chankanaab	120	115	27.5
Interconexiones			
Estados Unidos: 2	300	161 y 230	3.6 y 13
Guatemala: 2	1500 y 1800	500 y 400	1800 y 400

Así como otros 129 proyectos más de construcción o repotenciación de tramos de transmisión.

* Parte de la red es submarina, no vía catenaria.

Fuente: Secretaría de Energía, 2017 (SENER, 2017c).

Eficiencia energética

Una de las principales oportunidades de mitigación en el sector energía, es la reducción del consumo. En el desarrollo de la normatividad y su instrumentación nacional, enfocada a la reducción del consumo de energía y la subsecuente mitigación de GYCEI, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) se ha orientado a atender diferentes sectores: industrial, comercial-residencial, agrícola y de transporte. La **Tabla 3.3** reporta los avances en materia de mitigación de emisiones.

En el Anexo 1 se precisa la metodología empleada en el cálculo de la estimación de la mitigación generada por la implementación de esta acción, en la ficha "Acciones para lograr la eficiencia energética a nivel nacional".

Otras acciones

Con base en los nuevos términos de la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de Transición Energética, se desarrolló la metodología para valorar externalidades ambientales de proyectos de generación eléctrica. En 2017 se desarrolló el borrador de la metodología y se creó el Grupo de Trabajo entre SHCP, SENER, SEMARNAT y CRE.

El Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía financió, durante 2017, diversos proyectos del sector público, destacando el proyecto de eficiencia y sustentabilidad energética en municipios (PRESEM) y el programa de mejoramiento sustentable en vivienda existente.

Por otro lado, la implementación de procesos administrativos simplificados para el desarrollo de proyectos de energía renovable aprovechando la ventanilla nacional única se encuentra en proceso de conclusión con un avance de 95% (SEMARNAT, 2014b).

Conclusiones y barreras del sector generación de energía eléctrica

Los avances principales de este sector, asociados a la instrumentación de la política nacional de mitigación, se resumen en:

1. En noviembre de 2017, la SENER concluyó la licitación para contratar la generación requerida para lograr la meta al 2024 de contar con una matriz energética con un 35% basado en energías renovables.
2. La línea de transmisión de corriente directa de Tehuantepec, al Valle de México, con una capacidad de conducción de 3,000 MW a 500 kV, se encuentra en proceso de construcción, lo cual permitirá incrementar la instalación de parques eólicos de mayor potencia en el Istmo de Tehuantepec.
3. El éxito de las subastas que de forma particular resultaron en precios de la energía solar más bajos de lo esperado, lo cual representa una oportunidad relevante para explotar este recurso en muchas regiones del país con alta radiación solar, como el norte del país.

A continuación se enlistan algunas barreras por tipo de tecnología limpia, que deben considerarse para lograr las metas del sector.

Fotovoltaica

- Actualmente las fotoceldas importadas están sujetas a un arancel de 15%, lo que impone un sobrecosto a esta tecnología en comparación con otros países.
- La producción nacional de fotoceldas requiere de normatividad que genere las garantías, certificaciones y sellos de calidad, lo cual mejoraría la expansión de dicho sector.
- La generación distribuida requiere de mejoras regulatorias para obtener una retribución adecuada al descargar excedentes a la red, que incentive adecuadamente la generación limpia *in situ* a la vez que pague debidamente el uso de las redes de distribución.

Geotérmica

- Los tiempos de desarrollo de campos geotérmicos son mucho mayores que los correspondientes a tecnologías solar y eólica. Mientras que en las subastas se exige que las plantas comiencen su producción tras dos años de la adjudicación, la fase de planificación de una planta geotérmica se extiende hasta tres o más años. Algunos expertos en el sector señalan que esta característica

Tabla 3.3. Proyectos de eficiencia energética promovidos por la CONUEE

Nombre del proyecto	Objetivos	Resultados 2013-2017[1, 2, 3]	Recursos asignados (monto y origen nacional e internacional)	Lecciones aprendidas
Normalización de la eficiencia energética	Propiciar el uso eficiente de la energía mediante la normalización de productos y sistemas que, debido a su consumo de energía y número de unidades fabricadas y comercializadas, ofrezcan un potencial significativo de ahorro de energía para el país. Asegurar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética (NOM-ENER) y mantener y reforzar la infraestructura para la evaluación de la conformidad.	Mitigación acumulada en el periodo 11.12 $MtCO_2e$. (Véase la ficha correspondiente a la eficiencia energética, en el Anexo 1)	N/A	La elaboración de normas oficiales mexicanas de eficiencia energética ayuda a reducir el consumo energético en los diferentes sectores, lo que se traduce en la reducción de las emisiones.
Eficiencia energética en la administración pública federal (APF)	Propiciar el uso eficiente de la energía en los inmuebles, instalaciones industriales y flotas vehiculares de las dependencias y entidades de la APF, mediante la implementación de buenas prácticas, innovación tecnológica y herramientas de operación, control y seguimiento.		N/A	Las instalaciones industriales de algunos centros de trabajo muestran rezago tecnológico y de infraestructura, lo que impide una rápida transición a combustibles menos contaminantes como el gas natural. Otro tema importante es la periodicidad del mantenimiento de las plantas.
Proyecto nacional de eficiencia energética en alumbrado público municipal	Impulsar la eficiencia energética mediante la modernización del alumbrado público municipal, lo que constituye una oportunidad para los gobiernos locales puesto que se contribuye a: • Reducir el consumo de energía eléctrica. • Promover la transición del alumbrado implementando tecnologías más eficientes. • Asegurar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de sistema y producto en alumbrado público		De acuerdo con la disponibilidad del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), en el periodo 2013-2016 (al cierre) se habían invertido $93.3 millones de pesos en 27 proyectos.	• Es necesario replantear los esquemas de financiamiento para facilitar las garantías en esquemas tradicionales. • La capacitación del personal operativo del alumbrado público es fundamental para una buena operación de los nuevos sistemas. • En estados y municipios es importante la capacitación sobre la regulación técnica aplicable a los sistemas. • Antes de iniciar el proceso de actualización y modernización de los sistemas de alumbrado público es recomendable verificar el estatus del sistema actual.

pudiera ser una barrera para este tipo de centrales, pero que, si las subastas de energía consideraran otras ventajas de esta tecnología limpia –como por ejemplo que no es intermitente como el recurso solar y el eólico–, tal vez su participación mejoraría.

Distribución

- La red de distribución del país, particularmente en grandes urbes, podría incorporar sistemas de redes inteligentes, lo que apoyaría la generación distribuida.
- En general, las redes de distribución y transformación presentan una gran oportunidad de mejora y modernización. Lo anterior ayudaría a reducir las pérdidas técnicas y lograr el objetivo de reducir las mismas a un 8% como el promedio de los países de la OECD.

En el capítulo 4, dentro de la sección de crecimiento verde y el apartado relativo a la generación eléctrica, se detallan los costos de mitigación en el sector eléctrico.

Sector petróleo y gas

México es un país con un importante sector petrolero, cuyas actividades produjeron emisiones de 74.90 $MtCO_2e$ en 2015 (INECC, 2018c), lo cual representó 10.97% de las emisiones totales nacionales. Es, por tanto, una de las áreas prioritarias en términos de mitigación. La mitigación en este sector es importante por la reducción de emisiones y debido a la necesidad de incorporar las externalidades ambientales que actualmente no se valoran en la cadena de producción de hidrocarburos.

En enero de 2017, México registró un nivel de reservas totales de hidrocarburos de 25,858 millones de barriles de petróleo crudo equivalente.[5] Durante los diez últimos años se ha presentado una tendencia descendente en la producción de petróleo crudo que equivale a una tasa media anual negativa 3.8 por ciento. En 2017, la producción nacional de petróleo se ubicó en 1,950.2 miles de barriles diarios. De acuerdo con su clasificación por ubicación, 81% del petróleo crudo se produjo en el mar y 19% en tierra. En el mismo año, 43.8% de la producción de petróleo crudo se destinó al consumo interno y el 56.2% restante se exportó (SENER, 2017b).

Por otra parte, en enero de 2017, las reservas remanentes totales de gas alcanzaron un volumen de 28,950 millones de pies cúbicos por día (mpcd), 11.10% menor que en el año anterior. De esa cantidad, 57% provino de regiones terrestres, 35.79% de regiones de aguas someras y 7.17% de aguas profundas.

Los datos estadísticos de producción y procesos principales se presentan en la **Tabla 3.4**.

Una característica importante en este sector es que la empresa productiva del Estado, Petróleos Mexicanos, concentra casi en su totalidad las actividades de exploración y producción, del transporte de petrolíferos y su refinación. En las actividades de transporte de gas natural y venta de petrolíferos hay una importante participación del sector privado. Por su diversidad y nivel de operaciones, PEMEX es el octavo mayor productor mundial de crudo. Ello da cuenta de la importancia del sector a nivel nacional e internacional.

En cuanto a la infraestructura, la información se muestra en la **Tabla 3.5**.

En los cinco últimos años, el país desarrolló un marco regulatorio nuevo para modernizar el sector nacional de hidrocarburos. A continuación, se describen las principales leyes que son relevantes para la política de mitigación.

[5] Se refiere al nivel de reservas conocido como 3P, que se conforma por las reservas totales con la adición de reservas probadas, probables y posibles.

Tabla 3.4. Producción y procesos principales de los hidrocarburos

Producción de crudo	2,490 mbd
Proceso de crudo en refinerías	1,079 mbd
Elaboración de petrolíferos	1,176 mbd
Producción de gas natural	5,893 mmpcd
Proceso de gas	3,739 mmpcd
Producción de gas seco	3,117 mmpcd
Producción de líquidos de gas y condensados	309 mbpd

Fuente: Petróleos Mexicanos, 2017 (PEMEX, 2017).

Tabla 3.5. Infraestructura petrolera de México

Infraestructura	Cantidad
Pozos productores de petróleo y/o gas	30,000
Plataformas marinas	300
Activos de producción	15
Refinerías de petróleo crudo	6
Centros procesadores de gas (CPG)	9

Fuente: Petróleos Mexicanos (PEMEX, 2017).

Ley de Hidrocarburos
(Cámara de Diputados, 2014a)

- En ella se establecen los mecanismos con los que el Estado podrá explorar y extraer hidrocarburos.
- Reglamenta los contratos para la exploración y extracción de PEMEX y particulares de forma individual o en asociación.
- Regula las posibilidades de los concesionarios mineros en el caso de hallar gas en minas de carbón.
- Faculta a la SENER y a la CRE para revocar los permisos de sus respectivas competencias en materia de hidrocarburos por, entre otras causas, incumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) aplicables, entre éstas las relacionadas con regulaciones ambientales.
- Obliga a que la SENER oriente el ejercicio de sus atribuciones en materia de hidrocarburos con base en la política pública en materia de sustentabilidad y obliga a los permisionarios de las actividades en materia de hidrocarburos a cumplir la normatividad en materia de protección al ambiente.

Ley de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente
La ley faculta a la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) para:

- Emitir la regulación y la normatividad aplicable en materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente en la industria de hidrocarburos, a fin de promover, aprovechar y desarrollar de manera sustentable las actividades de la industria de hidrocarburos.
- Aportar los elementos técnicos para el diseño y la definición de la política pública en materia energética, de protección al medio ambiente y recursos naturales, así como para la formulación de los programas sectoriales en la materia, que se relacionen con su objeto.

Política de mitigación relativa a los hidrocarburos

Petróleos Mexicanos participa como empresa en importantes iniciativas climáticas y, de forma relevante, en la Iniciativa Global de Metano (Global Methane Initiative), en la Asociación para la Reducción de la Quema Global de Gas (Global Gas Flaring Reduction Partnership) y recientemente se ha unido a la Iniciativa sobre el Clima de Petróleo y Gas (Oil and Gas Climate Initiative); como parte de esta última, junto con otras diez grandes petroleras del mundo, PEMEX se ha comprometido de forma voluntaria a:

- Incrementar la participación del gas natural en la matriz energética.
- Reducir las emisiones de metano y la quema rutinaria en las operaciones.
- Mejorar la eficiencia energética.
- Explorar soluciones a largo plazo a través de:
  + Investigación y desarrollo, asociaciones e innovación.
  + Captura y secuestro de carbono.
  + Desarrollo de renovables.

- Acelerar las soluciones al cambio climático a través del trabajo conjunto con socios.
- Desarrollar proyectos para proveer un acceso más amplio a la energía.

Como parte de estos esfuerzos y con algunos apoyos internacionales de Canadá y el Reino Unido, se ha avanzado en la identificación de oportunidades de reducción de emisiones a través del desarrollo de estudios y campañas de medición en instalaciones de PEMEX. Como resultado de esos estudios, se encontró que hay oportunidades rentables de reducción de emisión de gases de efecto invernadero y de forzantes climáticos de vida corta, en particular de carbono negro. Se ha identificado también que es necesario encontrar modelos innovadores de negocios que permitan a PEMEX realizar estos proyectos. Se estima que, con la reforma energética y la posibilidad de participación del sector privado, se pueda inyectar el financiamiento necesario.

Entre las principales oportunidades de mejora se cuentan las medidas de eficiencia en el uso de energía en PEMEX, al implementar sistemas de gestión de energía. Estos procesos ya se han iniciado en los complejos procesadores de gas (CPG) y se han realizado diagnósticos en el sistema nacional de refinación. Los pasos por seguir son estandarizar procedimientos y procesos que permitan dar respuesta a la reducción de consumo energético a través de buenas prácticas y buscar financiamiento.

Una de las principales medidas de eficiencia energética es el aprovechamiento del potencial de cogeneración, para lo cual se creó una empresa productiva subsidiaria enfocada a desarrollar el potencial de cogeneración de PEMEX (PEMEX Cogeneración y Servicios). Si bien existe un potencial considerable de cogeneración en PEMEX, el desarrollo de la infraestructura dependerá del suministro de gas natural.

PEMEX ha identificado otras acciones de mitigación que se refieren a la reducción de las emisiones fugitivas en sistemas de procesamiento, transporte y distribución de gas natural, con apoyo del Fondo de Prosperidad del gobierno británico. Dichas acciones se integraron en una acción nacional apropiada de mitigación (NAMA, por Nationally Appropriate Mitigation Actions) que se encuentra en el Registro NAMA de la CMNUCC.

Finalmente, además de enfocarse a la mejora de sus procesos, PEMEX ha financiado el Parque Jaguaroundi ubicado en el estado de Veracruz, para contribuir a la mitigación y a los servicios ambientales de la región. En dicho parque se dan actividades de educación ambiental, y en los seis primeros años de operación más de 100,000 visitantes se han beneficiado de este servicio. Se tienen planes para establecer un corredor ecológico con tres zonas regionales importantes.

Principales acciones y medidas de mitigación

Proyectos de mitigación de PEMEX

SENER, en coordinación con PEMEX, reporta progresos en los procesos de mitigación. En la **Tabla 3.6** se presentan varios proyectos e iniciativas del periodo 2013-2017.

Política nacional de mitigación de emisiones de metano al producir petróleo y gas

El 29 de junio de 2016, en el marco de la Declaración de Líderes de América del Norte respecto de la Alianza sobre Clima, Energía Limpia y Medio Ambiente, Canadá, Estados Unidos y México firmaron una declaración en la cual se comprometieron a reducir en 40 a 45% las emisiones de metano en la producción de petróleo y gas al año 2025. Para lograr tal objetivo, los tres países pactaron el desarrollo y la implementación de regulaciones federales para reducir las emisiones de fuentes nuevas y existentes en esas actividades, tan pronto como sea posible. El compromiso se extendió, más allá del petróleo y el gas, al diseño y aplicación de estrategias nacionales para reducir las emisiones de metano en actividades agrícolas y gestión de residuos, incluidos los de alimentos (Gobierno de la República, 2016).

El gobierno mexicano formó un grupo de trabajo interinstitucional con el fin de elaborar la política nacional de mitigación de emisiones de metano

(PNMEM) en la producción de hidrocarburos, con la colaboración de las varias secretarías de Estado (SENER, SEMARNAT y SHCP), así como las instituciones reguladoras: Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), el Centro Nacional de Control de Gas Natural (CENAGAS), la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), y el sector con la representación de PEMEX y la Asociación Mexicana de Empresas de Hidrocarburos (AMEXHI). La PNMEM está en proceso de aprobación.

Tabla 3.6. Proyectos de mitigación de Petróleos Mexicanos

Proyecto	Resultados	Recursos asignados
Captura de carbono en el campo del Activo de Producción Cinco Presidentes en las plantas de amoniaco, en Cozoleacaque, Ver.	Se diseñó el estudio piloto con metodología para CCS/EOR dentro del mecanismo de crédito conjunto con Japón (JCM) y cálculo de almacenamiento máximo de CO_2. Se realizó el estudio de los requisitos que debieran cumplir los proyectos de EOR con CO_2. Se realizó capacitación en CCS/EOR.	Canadá, Japón y Banco Mundial.
Recuperación de calor en la Terminal Marítima Dos Bocas.	En 2012 se registró el proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) ante Naciones Unidas con un periodo de diez años; sin embargo, debido al bajo valor en el mercado de los certificados de reducción de emisiones no se han verificado las reducciones.	Nacional.
Recuperación de utilización de gas en el campo Tres Hermanos.	En 2010, PEMEX registró el proyecto para la reducción de quema de gas en este campo de la Región Norte de PEP, con un horizonte de diez años. Sin embargo, dado el bajo precio del carbono, el proyecto no es rentable.	Nacional.
Planta de cogeneración a través de prestación de servicios Abengoa.	En 2013 se echó a andar una planta de cogeneración de 300 MW y 800 toneladas de vapor por hora, obteniéndose reducciones de emisiones de GEI cercanas a un millón de toneladas de CO_2e/año. Está en construcción un tercer tren de 265 MW. La vida estimada del proyecto es de 20 años.	$6,500 millones de pesos.
Planta de cogeneración Salamanca.	La construcción está terminada; sin embargo, se requiere finalizar acuerdos entre PEMEX y CFE. Se estima un periodo de 20 años.	PEMEX ($23 millones de dólares). CFE ($450 millones de dólares).
Sustitución de sellos en centros procesadores de gas (CPG).	Cambio de sellos húmedos a secos para la reducción de emisiones fugitivas de metano en siete compresores centrífugos en los CPG: 2 en Cactus (2013, 2014). 5 en Nuevo PEMEX (2012, 2015).	Nacional.
Sistemas de Gestión de Energía en los nueve CPG como parte del proceso de mejora continua.	Los nueve CPG de PEMEX implementaron sus sistemas de gestión de la energía en 2014, obteniendo las certificaciones correspondientes.	Nacional.
Sistemas de Gestión de Energía en el Sistema Nacional de Refinación como parte del proceso de mejora continua.	En mayo de 2015 comenzó la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía en el Sistema Nacional de Refinación, con un programa piloto en dos instalaciones de las refinerías de Minatitlán y Tula, y a partir de agosto de 2016, pilotos en las cuatro refinerías restantes (Cadereyta, Madero, Salamanca y Salina Cruz).	Dinamarca: diagnóstico técnico. Se requiere financiamiento para la implementación.
Reinyección de gas para represión de yacimientos.	La reinyección a yacimientos tanto de gas asociado directo como de gas proveniente de otros usos en PEMEX permite la represión de los yacimientos y la reducción de emisiones de GEI. También se evalúan oportunidades que permitan disminuir y/o recuperar el gas que se envía a quemadores.	Nacional.

Fuente: Secretaría de Energía, 2017 (SENER, 2017a).

En el capítulo 4, dentro de los apartados "Mitigación en petróleo y gas" y "El valor de la producción de bienes y servicios ambientales", se detallan los costos de mitigación.

La CNH publicó, el 7 de enero de 2016 (CNH, 2016), las disposiciones técnicas para el aprovechamiento del gas natural asociado, en la exploración y extracción de hidrocarburos. En dichos lineamientos se solicita a los operadores de yacimientos la utilización de 98% del gas natural asociado en procesos como venta, utilización *in situ* para generación de potencia o electricidad y reinyección al pozo, evitando, en lo posible, su destrucción en quemadores.

ASEA trabaja en la elaboración de lineamientos para reducir las emisiones de metano en la industria petrolera (*up* y *midstream*). La CENAGAS, por su parte, trabaja actualmente en los lineamientos para reducir emisiones de gas metano en la parte de distribución del gas (*downstream*).

Proyecto de rebombeo en los campos Ku-Malop-Zaap, Chuc, Pol y Abkatún

En febrero de 2016, una explosión destruyó la unidad de compresión Abkatún-A (localizada a 89 km al norte de la costa de Campeche en el Golfo de México). En consecuencia, se incrementó el quemado de gas natural asociado (GNA) en la zona de los yacimientos Ku, Maloob, Zaap, Chuc, Pol y Abkatún (las asignaciones más productivas de la región marina). En respuesta, PEMEX, tras construir una nueva red de gasoductos y de colocar unidades de compresión, ha logrado abatir el quemado, como puede apreciarse en la **Figura 3.6**, que muestra el decremento en el proceso de venteo y quemado de GNA en la producción nacional, principalmente debido a la infraestructura que permite comprimir y reinyectar el GNA a los yacimientos. En el último trimestre de 2017 se observa cómo se ha logrado abatir el quemado en la producción nacional con el fin de cumplir con la regulación de utilización del 98% del GNA.

Investigación para fortalecer la CND de México

Como parte del análisis de este sector, el INECC-PNUD desarrolló un estudio para identificar medidas de mitigación costo-eficientes. Se identificaron varias medidas con un potencial de reducción de 80% de las emisiones de GYCEI a lo largo de la cadena de valor del sector (INECC-PNUD, 2018c). Las medidas identificadas son las siguientes:

- Eficiencia energética en turbinas y motores de combustión interna en actividades de producción de petróleo y gas natural (etapa I, calibración/ajuste de equipos).
- Optimización energética integral en operaciones de producción de crudo y gas natural (etapa II, sustitución de equipos).
- Mitigación de GYCEI por reducción de quema de gas en instalaciones de producción de petróleo y gas (*flaring* en *upstream*).
- Proyecto de captura de CO_2 para recuperación mejorada de crudo (EOR).
- Proyecto de captura y secuestro de carbono (CCS) posterior a etapa productiva de recuperación mejorada de crudo (EOR).
- Secuestro geológico del carbono (CCS) para capacidad de producción firme de amoniaco de Pemex Fertilizantes en campos no productivos.
- Eficiencia energética en sistemas térmicos de complejos procesadores de gas (CPG) (etapa I, calibración y ajuste de equipos).
- Mitigación neta de GYCEI por proyecto de cogeneración en complejo procesador de gas (CPG) Cactus.
- Optimización energética integral en complejos procesadores de gas (CPG), etapa II, sustitución de equipos, reingeniería para la integración térmica del complejo.
- Eficiencia energética en sistemas térmicos de refinerías de petróleo crudo, etapa I. Optimización, calibración de calderas.
- Mitigación neta de GYCEI por proyectos de cogeneración de refinerías Tula, Salina Cruz y Cadereyta.
- Optimización energética integral en refinerías de petróleo crudo del Sistema Nacional de Refinación (SNR).
- Mitigación por reducción de gas venteado en tanques de almacenamiento de crudo y condensado.
- Reducción de emisiones por aplicación de mejores prácticas en producción de gas de esquisto.

- Mitigación por reducción de gas a quemadores en CPG.
- Mitigación por reducción de gas a quemadores en refinerías.
- Mitigación por sustitución de sellos húmedos por secos en compresores centrífugos de PEP y PTI.

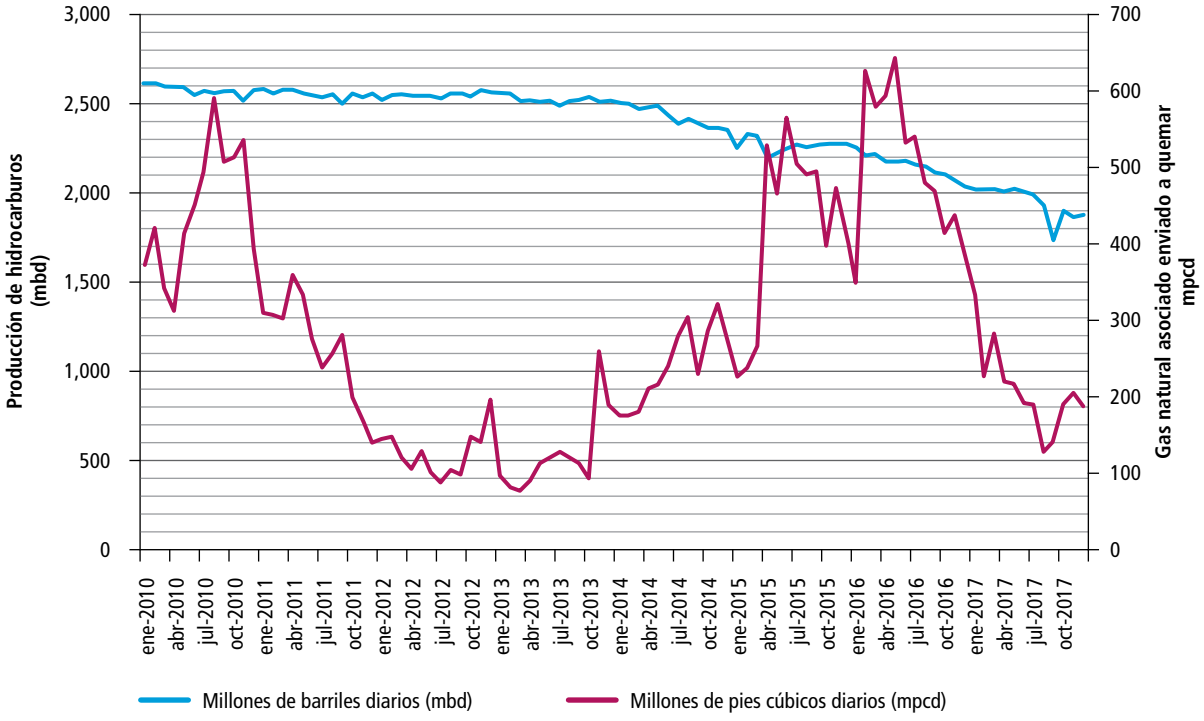
El potencial de mitigación debido a la implementación de todas las medidas mencionadas correspondería a una reducción de 7.03 $MtCO_2e$.

Convenio binacional México-Canadá, CND en petróleo y gas

En noviembre de 2016, Canadá y México iniciaron un proyecto de cooperación con el fin de apoyar las acciones de la CND de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta en la producción de petróleo y gas. El proyecto, que cuenta con un presupuesto de $9 millones de dólares, considera los procesos de identificación de oportunidades de mitigación a través de la transferencia de experiencia técnica, tecnologías limpias e innovación. Tiene un horizonte de cuatro años y es dirigido por Environment and Climate Change Canada, Natural Resources Canada y, en México, por SEMARNAT y el INECC, con participación de SENER, SHCP, CNH, ASEA, CENAGAS, IMP y PEMEX.

El proyecto incluye la identificación de oportunidades de mitigación, la elaboración de proyectos de mitigación con una adecuada razón costo/beneficio, así como el diseño e implementación de los sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de emisiones relativo a cada proyecto desarrollado, y estrategias para comunicar y compartir las experiencias en ambos países y en el ámbito internacional.

Figura 3.6. **Producción nacional de hidrocarburos *vs.* GNA enviado a quemador o venteado, 2010-2017**



Fuente: Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2018 (CNH, 2018).

Sector transporte

Panorama general

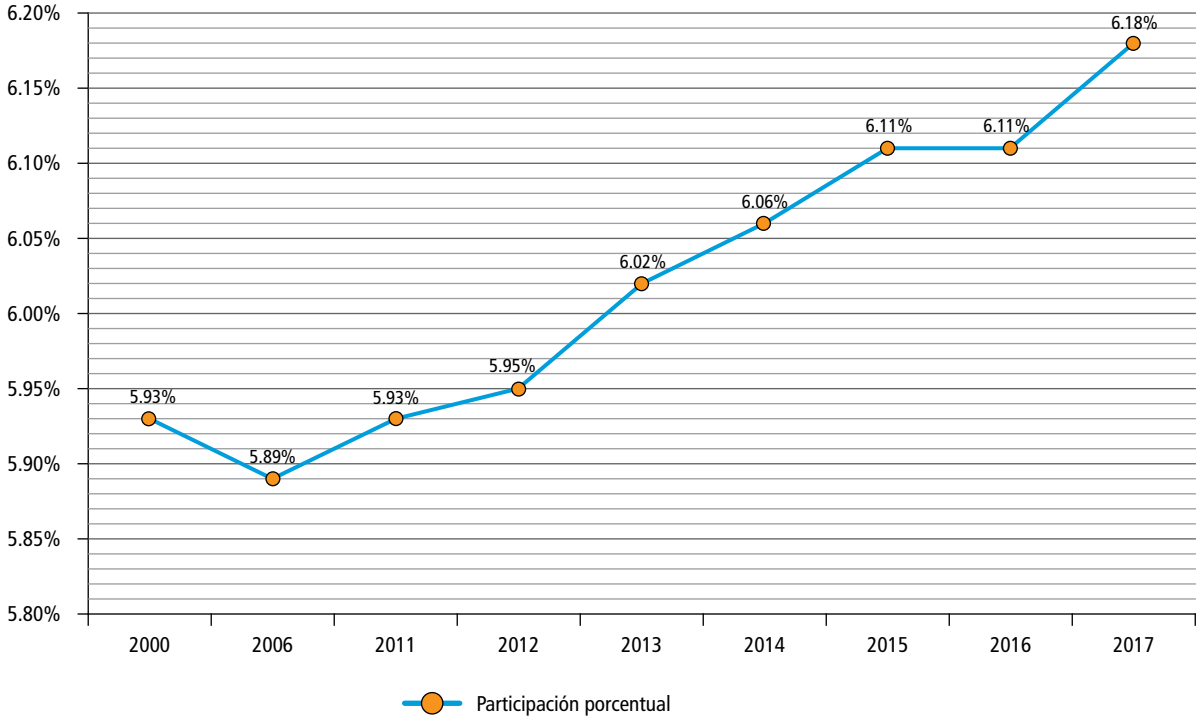
Entre las actividades relacionadas con la quema de combustibles, las del sector transporte emitieron 171.3 $MtCO_2e$ –aproximadamente 25% del total de las emisiones nacionales–, condición que las ubica como el mayor emisor en México (INECC, 2018c). Las más importantes fuentes de emisión de este sector son: aviación civil, autotransporte, ferrocarriles y navegación marítima y fluvial.

Según el INEGYCEI, la fuente que emite la mayor cantidad de GEI es la de autotransporte: 159.9 $MtCO_2e$, casi 93.34% del total de las emisiones generadas por el sector. Dicha emisión se compone principalmente de dióxido de carbono. Es también la fuente con la mayor emisión de carbono negro: 31,748 toneladas, atribuible principalmente al autotransporte a diésel (INECC, 2018c).

Para dar un panorama de las actividades del sector transporte, en la siguiente sección se describen brevemente las condiciones con mayor incidencia en la evolución de éstas en México, entre las que se cuentan variables económicas y de desarrollo, como son el crecimiento poblacional, su participación en el PIB nacional, cambios en el índice de motorización e introducción de nuevas tecnologías, así como políticas fiscales enfocadas a la eliminación de subsidios al consumo de combustibles, que directa o indirectamente inciden en el sector, como se describe a continuación.

La población en México pasó de 112 millones de habitantes en 2010, a 120 millones en 2015 (INEGI, 2015). El transporte contribuyó en 2017 con poco más de 6% del PIB nacional, y presentó un crecimiento importante, como se muestra en la **Figura 3.7**. Estos indicadores de crecimiento poblacional y de la actividad económica han tenido un impacto en el incremento de la tasa de motorización (vehículos/mil habitantes) al pasar de 282 en 2010 a 337 en 2015, lo que representó un aumento

Figura 3.7. **Participación del transporte en el PIB**



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2018 (INEGI, 2018e).

de 19.5% (**Tabla 3.7**). Una importante característica del transporte es que los indicadores de motorización varían de forma considerable entre las entidades federativas (SCT, 2017b).

En comparación con otros países de América Latina, la motorización en México es alta, como muestra la **Figura 3.8,** y es baja en comparación con países de la Unión Europa, donde el índice para el año 2015 fue de 581 (Banco de Desarrollo de América Latina, 2018).

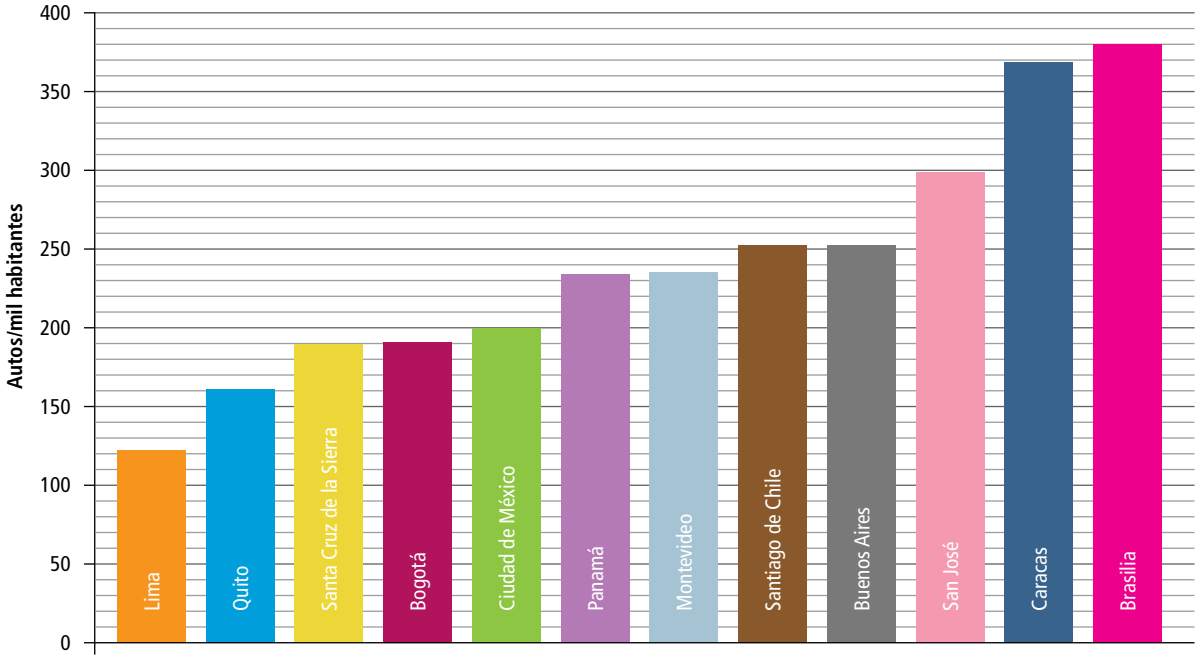
Como parte del panorama general es importante considerar que el transporte está regulado por normativas federales, estatales y municipales, lo cual implica que un vehículo debe cumplir con regulaciones de uno o varios niveles de gobierno en función de su uso.

Tabla 3.7. **Índice de motorización por entidad federativa**

Entidad federativa	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Nacional	121	124	160	214	282	337
Baja California Sur	228	278	437	627	771	612
Distrito Federal*	240	251	292	309	471	588
Michoacán	79	110	172	255	375	435
Quintana Roo	102	100	162	198	341	423
Colima	252	149	135	283	344	419
Veracruz	69	59	89	141	197	229
Tabasco	68	110	99	126	184	228
Puebla	86	83	103	140	209	222
Chiapas	42	42	57	71	124	147
Oaxaca	37	38	54	81	101	129

Ciudad de México, a partir del 5 de febrero de 2016.
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017 (SCT, 2017b).

Figura 3.8. **Índice de motorización en América Latina**



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Desarrollo de América Latina, 2018.
(Banco de Desarrollo de América Latina, 2018).

Nivel federal

La institución encargada de formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Ésta establece las normas técnicas del funcionamiento y operación de los servicios públicos de esa naturaleza y se encarga de regular y vigilar los sistemas de transporte que el país demanda, según lo marca el artículo 36 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014b).

En materia de generación de emisiones contaminantes la atribución regulatoria corresponde a la SEMARNAT. Por su parte, la Ley General de Cambio Climático (Cámara de Diputados, 2012b), especifica, entre las atribuciones que corresponden a los estados, instrumentar acciones de mitigación vinculadas con la infraestructura y el transporte eficiente y sustentable.

Niveles estatal y municipal

Los estados de la República tienen la facultad y el deber de desarrollar proyectos integrales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para impulsar el transporte eficiente y sustentable, público y privado. La coordinación de los estados con el nivel federal es constante, para alinear metas y para disponer de los financiamientos que a cada entidad le correspondan.

Política de mitigación

Acciones reportadas en el PECC para el sector transporte

La estrategia 3.5. del PECC (Gobierno de la República, 2014a) se enfoca a desarrollar esquemas de transporte y movilidad. Contiene nueve líneas de acción que requieren el diseño y la instrumentación de una política de movilidad sustentable, el desarrollo de proyectos de transporte masivo y de convivencia urbana, promover el uso eficiente de los sistemas ya instalados, así como la modernización de otros, fomentar el cabotaje y el transporte marítimo de corta distancia.

Reducción de subsidios a los combustibles fósiles de uso automotriz

Como parte de la estrategia para alcanzar las metas de mitigación e incentivar el desarrollo de tecnologías más limpias para un transporte sustentable, desde 2012, en México se tomó la decisión de eliminar progresivamente los subsidios a las gasolinas, diésel y GLP, y en particular se incorporaron impuestos adicionales a los combustibles para transporte. Como resultado, en 2013 los subsidios a los combustibles para el transporte se redujeron a los niveles más bajos (en términos reales) en una década y, en 2014, se les añadieron gravámenes. Para 2015, los impuestos recaudados de gasolina y diésel totalizaron más de $10,000 millones de dólares (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2015). Los precios durante 2016 se movieron en ±3% respecto del precio de 2015, y en octubre, el Congreso aprobó una legislación para aumentar la flexibilidad en los mercados de gasolina y diésel en 2017 (GIZ, 2017b).

Principales acciones y medidas de mitigación en el transporte

Actualización de la regulación de emisiones del transporte

Una de las principales acciones para reducir las emisiones de CO_2, las de carbono negro y las de los precursores de ozono, es la actualización de las normas oficiales mexicanas (NOM) que regulan las actividades de transporte que producen contaminación atmosférica. La **Tabla 3.8** presenta una relación de las medidas regulatorias actualizadas desde la *Quinta Comunicación Nacional.*

De forma particular, se resalta la importancia de la extensión de la NOM 163 emitida por SEMARNAT, cuyo objetivo es lograr que se homologue el rendimiento en el consumo de combustible para vehículos ligeros nuevos que se comercialicen en el país, respecto a los límites establecidos en Estados Unidos. Esta norma establece los niveles máximos permisibles de CO_2 de vehículos ligeros nuevos. Con su implementación se estima que, para el periodo 2013-2030,

Tabla 3.8. Regulación del control de emisiones del transporte

Nombre	Objetivo y alcance	Publicación en el *DOF*
NOM-076-SEMARNAT-2012	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos volátiles provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto mayor de 3,857 kilogramos, nuevos en planta.	27 de noviembre 2012.
Decreto por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte	Tiene como objetivo lograr una infraestructura de comunicaciones y transportes fuerte y consolidada, que facilite el desplazamiento oportuno de bienes y personas con costos más competitivos, con mayor seguridad, en menor tiempo y con el compromiso de proteger al medio ambiente.	26 de marzo 2015.
	Modificación al decreto por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte.	22 de julio 2016.
NOM-041-SEMARNAT-2015	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	10 de junio 2015.
	Modificación del artículo primero transitorio de la norma oficial mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015.	14 de octubre 2015.
Proyecto de norma oficial mexicana PROY-NOM-167-SEMARNAT-2016	Establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; los métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas.	26 de diciembre 2016.
Proyecto de modificación a la norma oficial mexicana NOM-050-SEMARNAT-1993	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.	29 de junio 2017.
Aviso de autorización para el uso de un equipo de prueba alternativo en la NOM-042-SEMARNAT-2003	Aviso para hacer del conocimiento público el uso de un equipo de prueba alternativo para su utilización en la NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece límites máximos permisibles de emisión de algunos contaminantes vinculados a la operación del vehículo.	26 de octubre 2017.
Aviso de extensión de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, para los vehículos de año-modelo 2018	Se dan a conocer los parámetros para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en los vehículos automotores ligeros nuevos con peso bruto vehicular que no exceda los 3,857 kilogramos, que utilizan gasolina o diésel como combustible, cuyo año modelo sea 2018.	23 de enero 2018.
NOM-044-SEMARNAT-2006	Establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.	19 de febrero 2018.
NOM-045-SEMARNAT-2017	Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	8 de marzo 2018.

Fuente: INECC con datos de las NOM: 076-SEMARNAT-2012, 041-SEMARNAT-2015, PROY-NOM-167-SEMARNAT-2016, PROY- NOM-050-SEMARNAT-1993, 042-SEMARNAT-2003, 163-SEMARNAT-SENER-SCFI-2013, 044-SEMARNAT-2006, 045-SEMARNAT-2017, DECRETO por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte (SEMARNAT, 2012, 2015a, 2015b, 2016b, 2016a, 2017b, 2017a, 2018b, 2018e, 2018d).

se obtenga una reducción de 70,000 millones de litros de consumo de gasolinas, lo que representaría una disminución anual de emisiones GEI del orden de 9.77 $MtCO_2e$; también se prevén otros beneficios importantes, como la disminución de las emisiones de carbono negro, de las que el autotransporte es el mayor emisor (SEMARNAT-INECC, 2012).

NAMA de autotransporte federal de carga en México

El objetivo de esta NAMA es reducir las emisiones de GEI a través del aumento de eficiencia energética del transporte de mercancías en sus modalidades de "hombre-camión" y "pequeño transportista" (SCT, SEMARNAT y GIZ, 2015). La NAMA tiene tres grandes líneas de acción: a) El programa de transporte limpio, voluntario, enfocado a que el transporte de carga y pasajeros sea más eficiente a través de la adopción de estrategias, tecnologías y mejores prácticas; b) programa de renovación vehicular de la flota del autotransporte federal, orientado a sustituir y destruir vehículos obsoletos para modernizar la flota a través de un esquema de sustitución vehicular, c) programa de financiamiento del autotransporte SCT-NAFIN, para la modernización de la flota del autotransporte federal orientado a facilitar la renovación del parque vehicular del transporte de carga y pasaje federal a nivel nacional, mediante el acceso a financiamiento y garantías. A continuación, se describe cada una de ellas.

Programa de transporte limpio (PTL)

Realizado conjuntamente entre SEMARNAT y SCT, tiene como objetivo reducir el consumo de combustible para el transporte de carga y pasaje que circula por el país, lo que permite mitigar emisiones de GEI y reducir los costos de operación del transporte. Para lograrlo se motiva al autotransporte a adoptar una estrategia de conducción técnica, económica y eficiente por parte del conductor de la unidad, así como a aplicar opciones de mejora aerodinámica adicional al diseño original del vehículo y mejores prácticas de conducción, como mantener velocidad constante en un trayecto (SEMARNAT, 2018h). Las reducciones de GEI logradas entre 2013 y 2017 por este programa se muestran en la **Tabla 3.9**.

Tabla 3.9. Emisiones evitadas de GEI por el PTL ($MtCO_2e$)

Año	Emisiones evitadas
2013	0.95
2014	1.35
2015	1.36
2016	2.12
2017	1.42

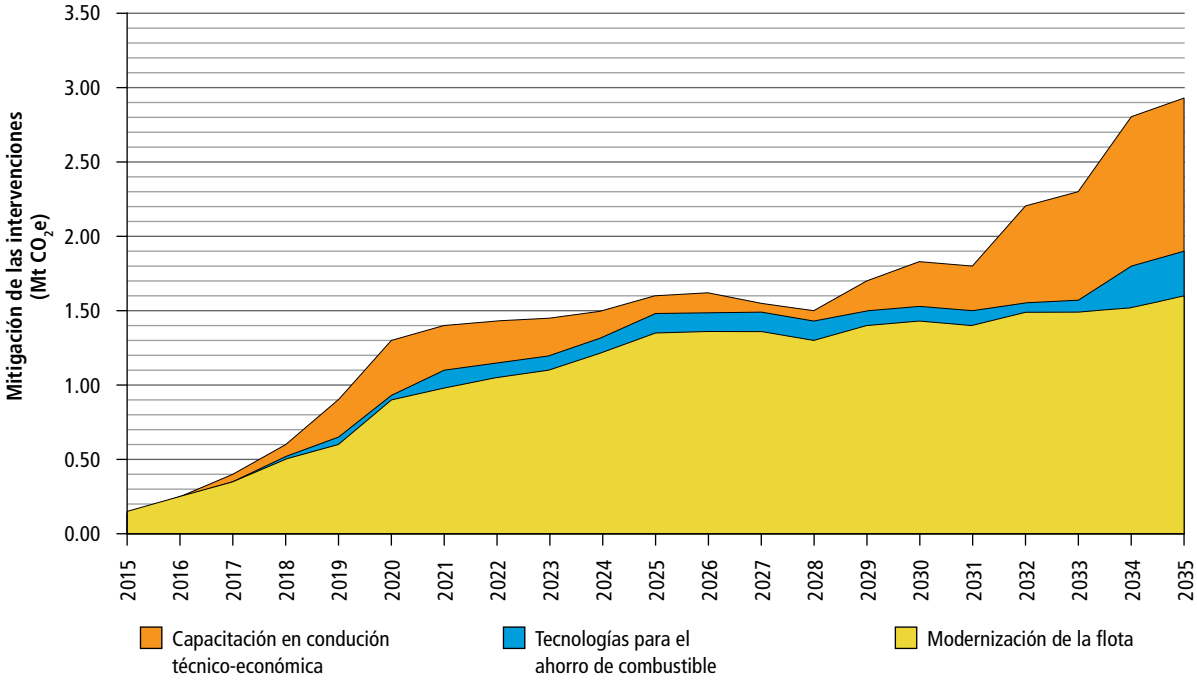
Fuente: SEMARNAT, 2018 (SEMARNAT, 2018h)

La mitigación obtenida por el PTL en 2015 fue de 1.36 $MtCO_2e$, lo cual equivale a 0.8% de las emisiones totales de CO_2 reportadas en el INEGYCEI (2015), para las actividades de autotransporte. Los resultados esperados para el periodo 2015 a 2035 se muestran en la **Figura 3.9**.

Las acciones de mitigación que se muestran en la figura son:

- Capacitación en conducción técnica y económica
  - Se estima que en el periodo 2017 a 2035 se capacitarán casi 63,000 conductores. Esta meta podrá alcanzarse únicamente si se cuenta con apoyo financiero internacional.
- Tecnologías para el ahorro de combustibles
  - Por diferentes elementos adicionales al chasis original a incluir en las unidades, el ahorro de combustible por este rubro sería de 9.7% por kilómetro recorrido. Si se considera que se acondicionarán 20,000 unidades entre los años 2017 y 2035, el potencial de mitigación total es 2.5 $MtCO_2e$.
- Modernización de unidades
  - Considerando que el esquema de "chatarrización" y el programa de modernización ya están funcionando, y tomando en cuenta que la acción de la NAMA se enfoca a mejorar el primero para vehículos automotores, se ha calculado que el potencial de mitigación para el periodo 2017-2035 es de 6.7 $MtCO_2e$ (SEMARNAT, 2018h).

Figura 3.9. **Mitigación de GEI por el PTL**



Fuente: SEMARNAT-SCT, 2018 (SCT *et al.*, 2015).

Como parte de los resultados de este programa, en la **Tabla 3.10** se muestra el número de empresas adheridas al programa y las que fueron evaluadas conforme a su información durante el periodo 2013 a 2015.

Tabla 3.10. **Empresas adheridas al PTL**

Año	Número de empresas adheridas	Número de empresas evaluadas*	Número de unidades evaluadas
2013	148	93	25,581
2014	187	135	40,238
2015	251	132	52,937
2016	316	197	60,317
2017	378	183 *	68,341 **
2018	409	ND	ND

* Que envían su información.
** Dato preliminar. ND No disponible, estos datos se obtendrán en 2019.
Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018 (SEMARNAT, 2018h).

En el Anexo 1 se precisa la metodología empleada en el cálculo de la estimación del programa de transporte limpio, que es uno de los componentes de la NAMA referida.

Programa de renovación vehicular de la flota del autotransporte federal

Consiste en el otorgamiento de un estímulo fiscal por la destrucción de un vehículo obsoleto, que se hace efectivo al adquirir una unidad nueva o usada de seis o menos años de antigüedad, la cual sustituye a un vehículo de más de diez años de antigüedad que haya prestado servicio público federal.

Este esquema se ha actualizado para mantener su posición como incentivo a la renovación vehicular. Con la publicación del decreto por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte se actualizó el estímulo el 26 de marzo de 2015 y el 22 de julio de 2016. En la **Tabla 3.11** se muestran los avances del programa de renovación vehicular, el cual finalizó el 31 de diciembre de 2017.

El esquema se ha flexibilizado para dar mayores beneficios al usuario a través de dos medidas: se

Tabla 3.11. **Programa de renovación vehicular de la flota del autotransporte federal**
(Moneda nacional)

Tipo de unidad	Estímulo anterior (Decreto 2003)	Estímulo (Decreto 2003)	Estímulo (Decreto 2015) Incremento en 2016	Estímulo (Decreto 2015) Modificación al decreto 2016	Estímulo vigente (Decreto 2015) Modificación al decreto 2017
Tractocamiones 5ª rueda	$161,000	$250,000	$255,525	$291,975	$336,414
Camiones de tres ejes	$103,000	$160,000	$163,536	$186,864	$215,305
Camiones de dos ejes	$69,000	$107,000	$109,365	$124,965	$143,985
Autobús integral*	$138,000	$250,000	$255,525	$291,975	$336,414
Autobús convencional*	$80,000	$145,000	$148,205	$169,346	$195,120
Plataforma o chasis para autobuses integrales*	$83,000	$150,000	$153,315	$175,185	$201,848
Plataforma o chasis para autobuses convencionales*	$48,000	$87,000	$88,923	$101,607	$117,072

* Con capacidad de más de 30 asientos.
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017 (SCT, 2017a).

amplió el plazo para acreditar la propiedad de la unidad y su permanencia en servicio hasta doce meses antes de su ingreso al programa de SCT y exención del ISR en la compra de la unidad nueva o seminueva.

El 6 de mayo de 2016, el Servicio de Administración Tributaria (SAT), publicó en el *DOF* la modificación a las reglas de operación del programa en relación con el periodo de propiedad de los vehículos, y la aplicación del estímulo fiscal a vehículos de carga, de pasajeros y de turismo (SCT, 2017a). En la **Tabla 3.12** se muestran los resultados del programa de renovación vehicular.

Programa de financiamiento del autotransporte SCT-NAFIN

Tiene como objetivo impulsar la modernización del parque vehicular del autotransporte federal de carga y pasaje, con la adquisición de unidades nuevas o seminuevas con no más de seis años de antigüedad, a través de financiamiento contragarantizado con recursos federales, a efecto de generar mejores condiciones de financiamiento, con tasas de interés más competitivas y, sobre todo, flexibilidad en los trámites administrativos. Su enfoque es incentivar el ciclo de renovación de unidades. Esta estrategia redunda en la adquisición de vehículos con mejores eficiencias en el uso de combustibles y una menor generación de emisiones GEI y otros contaminantes; sin embargo, la mitigación esperada por la aplicación del programa aún no está cuantificada.

Durante 2016, la SCT y NAFIN trabajaron con diversas empresas armadoras y/o distribuidoras de vehículos pesados, bajo el esquema denominado *pari passu* (riesgos igualitarios), en donde NAFIN garantiza hasta 80% de la pérdida esperada. Esta labor está orientada al esquema conocido como "hombre-camión" y pequeños transportistas, que actualmente no son sujetos de crédito ante las instituciones financieras. Dentro de este programa participan empresas como Navistar, Volkswagen, Bansi, Daimler y Kenworth, cuya labor contribuye a la renovación de la flota de vehículos pesados con opciones de mayor eficiencia energética.

En adición, el 21 de octubre de 2016 se realizó la cuarta subasta para el financiamiento de medianas empresas, donde NAFIN constituyó un fondo para enfrentar las posibles pérdidas financieras por medio de una garantía, cubriendo un porcentaje del riesgo excedente. En la subasta participaron cuatro intermediarios financieros. En la **Tabla 3.13** se muestran los resultados alcanzados (SCT, 2018).

Los resultados obtenidos por el programa de financiamiento del autotransporte SCT-NAFIN de 2013 al 2016 se muestran en la **Tabla 3.14**.

Considerando la flota reportada por SCT en su anuario estadístico 2017, 2.28% del total del parque de autotransporte federal para el año 2015 empleó al menos uno de los siguientes programas: Renovación vehicular de la flota del autotransporte federal o Financiamiento del autotransporte SCT-NAFIN, teniendo una reducción de emisiones por el primer programa de aproximadamente 3.76 $MtCO_2e$ para 2015 (SCT, 2017a).

Transporte ferroviario de pasajeros

En materia de transporte ferroviario, se concretó la creación de la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, cuya actuación será esencial para lograr un mayor crecimiento y la consolidación de los ferrocarriles.

Hay asimismo dos grandes proyectos desde la *Quinta Comunicación Nacional:* el tren México-Toluca que entrará en operación en 2019 y dará servicio a 230,000 pasajeros, reduciendo 27,827 toneladas de CO_2 al año (SCT, 2018b), y el tren eléctrico de Guadalajara, que entrará en operación en

Tabla 3.12. Resultados del programa de renovación vehicular de la flota del autotransporte federal, 2013-2017

	Año					Total
	2013	2014	2015[2]	2016[2]	2017[2]	
Unidades destruidas[1]	6,844	7,248	2,821	3,292	6,324	26,529

[1] Fuente: SHCP-SAT, cifras preliminares.
[2] Decreto publicado el 26 de marzo de 2015.
Programa finalizado el 31 de diciembre de 2017.
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017 (SCT, 2017a)

Tabla 3.13. Cuarta subasta para el financiamiento de medianas empresas en la renovación del parque vehicular

Intermediario financiero	Monto de recursos a reservar	Tasa de interés nominal máxima[1]	Potenciación mínima requerida	Cartera comprometida[2]
Navistar financial	$40,000,000	Hasta 14% o su equivalente en tasa variable	25	$1,000,000,000
Paccar financial	$30,000,000		30	$900,000,000
Mercader financial	$7,000,000		24.5	$171,500,000
Volkswagen leasing	$3,000,000		25	$75,000,000

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017 (SCT, 2017a).
[1] Incluye tasa nominal, más comisiones financieras ponderadas al plazo máximo de los financiamientos.
[2] Corresponde al monto de cartera de crédito máximo a colocar.

Tabla 3.14. Resultados del programa de financiamiento del autotransporte, 2013-2017

Concepto	Año					Total
	2013	2014	2015	2016	2017	
Unidades financiadas	5,439	4,844	21,426	10,841	3,838	46,388
Empresas beneficiadas	2,859	2,284	13,632	5,750	2,074	26,599
Montos financiados (millones de pesos)	$4,796	$4,688	$7,857	$8,542	$4,822	$30,705

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017 (SCT, 2017a)

2018 y dará servicio a 233,000 pasajeros y reducirá 17,000 toneladas de CO_2 al año (SCT, 2018a). En el capítulo 4 se muestran algunas medidas similares a las descritas en esta sección.

Biocombustibles de aviación en México

La SCT, a través de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), impulsa el desarrollo de los combustibles alternativos y coordina los esfuerzos para el desarrollo nacional de esta industria, en conjunto con otras dependencias federales y estatales, así como con la iniciativa privada, organizaciones académicas y de investigación.

Como se informó en la *Quinta Comunicación,* un primer esfuerzo, en 2010, fue el proyecto "Plan de vuelo hacia los biocombustibles sustentables de aviación en México". En abril de 2011 se realizó el primer vuelo de demostración de un avión comercial con bioturbosina, de la Ciudad de México a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ASA abasteció a la aeronave con 27,000 litros de bioturbosina, compuesta por una mezcla de 50% Bio-KPS y 50% combustible fósil (SEMARNAT-INECC, 2012).

Posteriormente, se inició el desarrollo de un mapa de ruta de la bioturbosina en México, y se concluyó en 2017. Esto incluyó el análisis de retos y las posibles soluciones en el desarrollo del mercado de bioturbosina en México. La ruta propone acelerar el desarrollo y comercialización de biocombustibles sustentables para la aviación, los cuales deben cumplir con algunos de los siguientes requisitos: mínimo impacto en la biodiversidad; un estándar de sustentabilidad con respecto al uso de la tierra, agua y energía; no desplazar o competir con cultivos alimenticios; proveer un impacto socioeconómico positivo a los países, y no requerir manejo especial –equipo, sistema de distribución o cambios en la estructura del motor del avión– diferente del que requiere el combustible de aviación convencional (SCT, 2015).

Durante 2018 se inició, con las consultas dentro del Comité de Medio Ambiente para la Aviación (CMAA), bajo el liderazgo de SCT y con la participación de SEMARNAT, la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), Cámara Nacional de Aerotransportes (CANAERO) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), entre otros participantes, para detallar las medidas de mitigación en emisiones de GEI que el sector tendrá que adoptar en los próximos años y que deberán alinearse con los propuestos en el esquema de CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation).

Acciones de mitigación en los estados

En los gobiernos locales hay también avances de mitigación en el transporte que contribuyen a la meta nacional. A continuación se describen algunas de esas acciones.

Ciudad de México (CDMX)

El transporte es el principal emisor de GEI en la CDMX, con 65% del total de 20.67 $MtCO_2e$, según lo reportado en el inventario de GEI de la entidad en 2014 (SEDEMA, 2016a). Algunas de las medidas que se instrumentaron se muestran en la **Tabla 3.15** (SEDEMA, 2016b).

Monterrey, N. L.

El Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey tiene el objetivo de atender la demanda de movilidad de la población por medio de un sistema de transporte público masivo electrificado, a través de la sustitución de vehículos de transporte público de menor capacidad, como autobuses y minibuses (Gobierno de Nuevo León, 2018). En general, entre los beneficios que tiene este tipo de transporte masivo se estiman reducciones anuales de un millón de toneladas de CO_2 (1 $MtCO_2e$), derivadas de la reducción del consumo de gasolinas y diésel, lo que redunda en una disminución de contaminantes con cobeneficios en salud de la población. Actualmente se están construyendo otros proyectos (Entidades Federativas, 2017).

Baja California

Se llevaron a cabo acciones para la modernización del transporte público en Tijuana y Mexicali, así como la implementación del sistema Bus Rapid Transit (BRT). El proyecto BRT de Tijuana tuvo como objetivo una mitigación de 0.036 $MtCO_2e$ en 2015, basado en una

Tabla 3.15. Descripción de las medidas de mitigación en la Ciudad de México

Medidas de mitigación	Sector	Emisiones evitadas $MtCO_2e$	Estatus en que se encuentran las acciones (diseño, planeación, implementación)	Descripción
Disminución de emisiones vehiculares	Energía, combustión móvil	2.69	Implementación	A través de la aplicación del programa Hoy No Circula, el cual limita la circulación de vehículos automotores de acuerdo con las características de éstos, se busca reducir las emisiones emitidas en este sector.
Implementación de nuevos corredores de Metrobús	Energía, combustión móvil	0.61	Implementación	Implementación de nuevos corredores de autobuses de tránsito raídos (BRT, por sus siglas en inglés), permitiendo el cambio modal a uno de menores emisiones.
Programa de vehículos contaminantes	Energía, combustión móvil	0.22	Implementación	Consiste en la detección y sanción de vehículos automotores que circulen en las avenidas de la Ciudad de México por emisión de humo ostensiblemente contaminante, aquellos que circulen sin holograma vigente de verificación y por circular en día restringido u horario restringido, con la operación y tecnología de detección.
Acciones de modernización y eficiencia energética en el Sistema de Transporte Colectivo Metro	Energía, combustión estacionaria -eléctrica	0.13	Implementación	Acciones de modernización y mantenimiento de luminarias, escaleras electromecánicas y trenes, con las que se busca reducir el consumo de electricidad del Metro y, por consiguiente, sus emisiones de contaminantes.
Implementación de esquemas para la movilidad intermodal en zonas estratégicas de la ciudad: expansión del sistema de transporte individual ECOBICI	Energía, combustión móvil	0.0034	Implementación	Es el sistema de bicicletas públicas compartidas de la Ciudad de México, el cual actualmente cuenta con 6,800 unidades, de las cuales 340 son eléctricas, distribuidas en 480 estaciones en 55 colonias con una cobertura de 38 km^2.
Operación de una flotilla de taxis eléctricos	Energía, combustión móvil	0.0001	Implementación	Durante el mes de julio de 2015 se inició la operación de una flotilla de 20 taxis eléctricos, con capacidad de cinco pasajeros con una autonomía de 175 km.

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018 (SEDEMA, 2018).

reducción estimada de la flota vehicular de aproximadamente 553 vehículos, considerando que el sistema optimizado de transporte público requeriría 1,114 unidades (Entidades Federativas, 2017).

Durango

El BRT de Durango estima una mitigación de 0.021 $MtCO_2e$ anual, basada en una reducción de 140 vehículos, ya que se considera que 354 autobuses que están operando serán sustituidos por 214 vehículos nuevos (Entidades Federativas, 2017).

Yucatán

El Sistema Integrado de Mérida prevé una mitigación de 0.01 $MtCO_2e$. Su objetivo es reducir la edad media del parque vehicular, que actualmente es de 10.2 años y se pretende reducir a seis años (Entidades Federativas, 2017).

Evaluación del potencial de mitigación en el sector

Para el sector transporte, como parte del análisis de las medidas de mitigación más costo-efectivas en el cumplimiento de la CND, el INECC, con la colaboración del PNUD, realizó un estudio enfocado a valorar nueve medidas, entre las que destacan las siguientes:

- Homologación de la norma de eficiencia para vehículos ligeros, así como el proyecto de modificación de la norma de eficiencia para vehículos pesados.
- Implementación de transporte público de pasajeros de bajo carbono.
- Cambio modal para transportar carga a ferrocarril e incentivar el uso de trenes de pasajeros.
- Autotransporte particular basado en la penetración tecnológica de vehículos híbridos y eléctricos, aumento en la restricción a autos importados usados.
- Densificación y sistemas integrados de transporte en las zonas metropolitanas del país.
- Programa de transporte limpio para el transporte federal.

El potencial de mitigación estimado para el transporte es aproximadamente de 90 $MtCO_2$ para 2030, en función de los escenarios de mitigación y sus consideraciones de cálculo, en donde la medida relacionada con la homologación de la norma de eficiencia para vehículos ligeros (NOM-163-SEMARNAT) es la que representa una mayor contribución. En el capítulo 4, dentro de la sección "Economía del cambio climático", se detallan los costos de la mitigación.

Sector Industria

Panorama general

En cuanto al sector Industria, representa el 17.2% (117.6 $MtCO_2e$) de las emisiones totales nacionales, considerando tanto su consumo de combustibles fósiles como las emisiones por procesos industriales (INECC, 2018c), y contribuye económicamente con aproximadamente el 16% del PIB (INEGI, 2018a). Las industrias más intensivas en energía son la de los minerales –producción de cemento y cal las principales– y la de los metales, que comprende a la producción de hierro y acero. En conjunto, esas actividades representan 49.5% de las emisiones del sector, por lo que, en la sección sobre acciones de mitigación de la industria, se describen estas ramas con mayor detalle.

Adicionalmente, se describen las acciones de las industrias: automotriz, de fabricación de papel, vidrio, alimentos y bebidas, química y petroquímica, agrupadas en la industria de la manufactura. En México, en 2016, se contabilizaron aproximadamente 204,708 establecimientos industriales manufactureros (INEGI, 2018c).

Entre las industrias extractivas destaca la minería del carbón por las emisiones fugitivas de metano, y por ello se considera en el sector industrial, aun cuando su clasificación en el inventario de emisiones corresponde al sector Energía (IPCC, 2006).

La industria del azúcar genera 0.030 Mt de carbono negro reportado en el inventario nacional de emisiones y que corresponden a 95% de las emisiones totales de ese contaminante en el sector industrial. Debido a esas emisiones y a su potencial para utilizar biomasa para la generación eléctrica, se ha convertido en una actividad interesante para la mitigación.

Política de mitigación

La política industrial del país depende de la Secretaría de Economía y, por lo que hace al desempeño ambiental del sector, existen regulaciones de diferente índole según el ramo industrial. La industria

catalogada de jurisdicción federal es regulada por la SEMARNAT, y las demás industrias, por lo que hace a su desempeño ambiental, pueden ser normadas por las autoridades estatales. En particular, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su artículo 111 bis, establece que se consideran de jurisdicción federal las industrias siguientes: química; petróleo y petroquímica; pinturas y tintas; automotriz; celulosa y papel; metalúrgica; vidrio; generación de energía eléctrica; asbesto; cementera y calera, y la de tratamiento de residuos peligrosos. En el capítulo 2, sección de crecimiento verde, apartado "El valor de la producción de bienes y servicios ambientales", se detallan los costos de mitigación de transportes.

Además de las instancias que generan la política industrial y ambiental, la Secretaría de Energía, a través de los programas implementados por la CONUEE, ha trabajado con la industria para generar políticas de eficiencia energética, tanto en la industria intensiva como en las PYME. En particular, se trabajó en una "Hoja de ruta para eficiencia energética en el sector de industria en México" (SENER, 2018b) y en el documento "Introducción a la eficiencia energética y sistemas de gestión de energía en PYME de México" (SENER-CONUEE, 2015), las cuales, en coordinación con el sector industrial, identifican políticas a seguir para mejorar el desempeño energético del sector. En el capítulo 2, sección de crecimiento verde, apartado "Ahorro con fuentes limpias de energía en industria", se detallan los costos de la mitigación.

En 2016, la CRE estableció las metodologías de cálculo para determinar el porcentaje de energía limpia en los procesos de generación de energía eléctrica, mismas que son aplicables a procesos de cogeneración, aprovechamiento del hidrógeno, centrales hidroeléctricas, ingenios azucareros, centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de dióxido de carbono, tecnologías de bajas emisiones y cualquier central eléctrica limpia que utilice combustibles fósiles (SEMARNAT, 2014b). Estas metodologías son un instrumento sumamente importante para que el sector industrial pueda diseñar sus acciones en la materia.

Una de las principales políticas asociadas a las emisiones de GEI de la industria se refiere a mejorar los sistemas de reporte, propósito que ha sido objeto de varias iniciativas enfocadas sobre los informes corporativos, para impulsar las capacidades en tales tareas, sobre todo ahora que es obligatorio rendir cuentas a través del Registro Nacional de Emisiones. Como parte de las políticas para mejorar el seguimiento de las actividades del sector, se trabajó en definir acciones para mejorar los sistemas MRV, con talleres liderados por INECC y GIZ en los que participó la industria, como parte del proyecto Reglas de Contabilidad (INECC-GIZ, 2018).

Para avanzar hacia un desarrollo bajo en carbono en el sector manufacturero, México debe emprender acciones concretas tendentes a mitigar las emisiones de GEI. Esto será posible mediante la implantación de medidas que generen incentivos suficientes para promover la inversión en eficiencia energética, tecnologías bajas en carbono y/o tecnologías limpias, que orienten los esfuerzos hacia un cambio en las prácticas productivas con un enfoque de consumo energético sustentable. Esto ocurrirá una vez que se superen las barreras del sector manufacturero: las financieras, con estímulos fiscales que incentiven a las empresas que opten por energías limpias; las regulatorias, con el desarrollo de normatividad que garantice la continua aplicación de las políticas energéticas renovables; las institucionales, las de mercado, y las de infraestructura.

Un área de oportunidad para mejorar la política de mitigar emisiones se basa en modificar la normatividad del manejo municipal de residuos, lo que facilitaría su uso como sustitutos de combustible en la industria cementera. Por otro lado, una modificación similar es necesaria para el manejo de residuos metálicos para ser utilizados en la industria siderúrgica, así como para el manejo de cenizas de altos hornos y plantas carboeléctricas para ser utilizadas como sustituto de clínker en la industria cementera.

Los sectores cemento, cal y siderurgia requieren de una mayor red de distribución de gas natural para mitigar, vía sustitución de combustibles, por alternativas con menor generación de emisiones.

Principales acciones y medidas de mitigación

Acciones reportadas en el PECC

En 2015 se reportaron diversas acciones realizadas por la CONUEE, como la realización de estudios de prefactibilidad de cogeneración en la industria para promover políticas que incrementen el aprovechamiento de los potenciales de cogeneración en todos aquellos sectores de consumo final. De manera similar, la SEMARNAT concertó reuniones con la industria azucarera para la selección de un caso de estudio que permita comenzar el desarrollo de la NAMA para ingenios azucareros mediante un proyecto piloto (SEMARNAT, 2014b).

En 2017, el programa de eficiencia energética en la administración pública federal reportó avances: siete instalaciones industriales de las empresas productivas del estado ahorraron aproximadamente 188 GWh. Se reportó también el fortalecimiento de los nuevos instrumentos normativos: su aplicación ha generado reducciones de emisiones por la implementación de energías renovables y limpias en diferentes industrias, incluida la automotriz (SEMARNAT, 2018a). Para evitar el doble conteo, estos avances se reportan únicamente bajo el componente de eficiencia energética que se describió en las acciones de mitigación que se refieren a la generación de energía eléctrica.

Hasta el 31 de diciembre de 2016 se recibieron 59 dictámenes de verificación de GEI de los sectores de energía e industria que emitieron más de 1 $MtCO_2e$. En el mismo mes se publicó la convocatoria para integrar el grupo de trabajo de las normas oficiales mexicanas sobre verificación, validación y medición directa de GEI (SEMARNAT, 2018a).

Industria del cemento

Entre los 20 mayores productores de cemento en el mundo, México ocupa el lugar 14. Esta industria cuenta con 31 plantas productivas dentro del territorio nacional, que pertenecen a seis corporaciones afiliadas a la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM). En conjunto, emitieron 30.99 $MtCO_2e$ en 2015; es decir, 4.6% del total de las emisiones nacionales (INECC, 2018c). Entre los años 2000 y 2015 la producción pasó de 33.2 a 44.4 millones de toneladas anuales, de acuerdo con datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera de INEGI (INEGI, 2018c). El índice de intensidad de carbono de la industria nacional en 2015 fue de 0.698 tCO_2e/ton cemento (INECC, 2018c); comparado con 0.66 tCO_2e/ton cemento como promedio internacional (WBCSD-IEA, 2009).

Figura 3.10. Planta cementera en Tepeaca, Puebla

Fuente: Cementos Mexicanos S.A.B. de C.V., (CEMEX, 2018a).

El sector trabaja en la modernización de sus hornos a fin de permitir la recuperación de calor residual de las chimeneas para procesos de cogeneración para autoconsumo y exportación. En algunas empresas, dicho proceso ya es un procedimiento estándar; en otras se encuentra en proceso de evaluación técnica económica.

El INECC-PNUD realizaron un estudio para la identificación de posibles medidas de mitigación en el sector (INECC-PNUD, 2018a). Los resultados se discutieron con la CANACEM, en un grupo de trabajo. Como resultados principales se identificaron cuatro rutas tecnológicas con el mayor potencial, las cuales se enlistan a continuación:

- Incrementar la participación de combustibles alternativos en el consumo térmico del sector (por ejemplo, uso de residuos sólidos urbanos) a un porcentaje mayor que 25 por ciento.
- Sustitución de clínker por otros materiales cementantes (cenizas de alto horno o de plantas carboeléctricas).
- Captura y secuestro de carbono en la industria cementera.
- Sustitución de coque de petróleo por gas natural.

El potencial de mitigación identificado para la industria de cemento en 2030 es de: 4.89 $MtCO_2e$ (INECC, 2018c). El sector reporta que en algunas plantas ya se realiza una sustitución de combustible por el uso de RSU en porcentajes menores que 10%; sin embargo, esta mitigación no se ha cuantificado.

Industria siderúrgica y acerera

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (CANACERO), México ocupa el decimotercer puesto mundial como productor de acero, mientras que en América Latina ocupa el segundo; cuenta con una capacidad instalada para producir 29.5 millones de toneladas de acero al año, y en 2017 se produjeron 19.9 millones de toneladas de acero. En 2016, México exportó seis millones de toneladas de acero y sus importaciones son de diez millones de toneladas anuales (CANACERO, 2017).

La producción nacional de acero pasó de 16.7 a 19.9 millones de toneladas en el periodo 2004 a 2017. El sector siderúrgico representó, en 2016, 1.9% del PIB nacional, y tuvo una contribución del 6.2% al PIB Industrial y de 10.6% al de manufacturas (CANACERO, 2016).

La industria siderúrgica tiene presencia prácticamente en todo el país. En once estados de la república se produce acero líquido, destacando: Coahuila, Michoacán, Nuevo León, Guanajuato y Veracruz, cuya producción representa 82.1% del total nacional. En la **Figura 3.11** se muestra un alto horno típico en México.

Figura 3.11. **Alto horno en Monclova, Coahuila**

Fuente: Altos Hornos de México, S.A., 2018.

En 2015, la industria metalúrgica produjo emisiones por 17.25 $MtCO_2e$, equivalentes a 2.53% del total de las emisiones nacionales (INECC, 2018), con un indicador de 0.98 tCO_2e/ton acero. En el mismo año, el promedio mundial se ubicó en 1.7 tCO_2e/ton acero, mientras que el promedio de los países miembros de la OECD fue de 1.0 tCO_2e/ton acero (International Energy Agency, 2015).

En el sector siderúrgico y acerero, CANACERO e INECC-PNUD identificaron cuatro posibles medidas de mitigación con el mayor potencial para el sector (INECC-PNUD, 2018a). Se trata de:

- Incremento de la producción con horno de arco eléctrico (DRI y chatarra).
- Captura y aprovechamiento de CO_2 como insumo en otras industrias (bebidas, refrigerantes).
- Captura y secuestro geológico de CO_2 del sector.
- Nuevas mejoras en eficiencia térmica y energética en el sector.

El potencial de mitigación identificado para la industria siderúrgica y acerera en 2030 se estima en 2.85 $MtCO_2e$ (INECC, 2018f).

El sector reporta una utilización de CO_2 recuperado de sus plantas coquizadoras para la venta a la industria refresquera. De manera similar informa sobre la utilización de las cenizas de alto horno para su utilización de balastro en vías de tren y carreteras.

Industria calera

De acuerdo con el INEGI, en el país hay poco más de 120 unidades mineras dedicadas a la extracción y actividades de beneficio de piedra caliza y aproximadamente 40 plantas dedicadas a la fabricación de cal, principalmente propiedad de los grupos corporativos Calidra y Rebasa, que representan 98% de la producción nacional de cal y forman parte de la Asociación Nacional de Fabricantes de Cal (ANFACAL) (INEGI, 2018b). Por su parte, la producción de México representa cerca de 1.5% del total mundial de la producción de 2015 (ILA, 2016).

Para el año 2015, las emisiones provenientes de este sector se estimaron en 5.7 $MtCO_2e$, que

representan 0.83% de las emisiones nacionales de GYCEI. La intensidad de carbono en el mismo año fue de 1.18 tCO_2e/ton cal producida (INECC, 2018c).

El INECC-PNUD identificaron las siguientes medidas de mitigación, las cuales fueron revisadas en un grupo de trabajo con la ANFACAL y sus agremiados (INECC-PNUD, 2018a):

- Cogeneración eficiente.
- Uso de biomasa como combustible alterno.
- Sustitución de carbón y coque por gas natural.
- Sustitución de hornos rotatorios.
- Nuevas mejoras en eficiencia térmica y energética.
- Captura y secuestro de CO_2.

El potencial de mitigación identificado para la industria de la cal en 2030 es de 0.45 $MtCO_2e$ (INECC, 2018c).

Industria azucarera y alcoholera

México aporta actualmente alrededor de 4% de la producción mundial de azúcar (USDA, 2018). En 2016, el país contó con 50 ingenios en operación, los cuales emplearon en sus operaciones 15.2 millones de toneladas de bagazo y 30,000 m^3 de combustóleo. Las emisiones de GYCEI estimadas para este sector fueron de aproximadamente 285,000 toneladas de CO_2e.

En el caso de las emisiones de carbono negro, se estima que en 2016 se emitieron poco más de 22,000 toneladas, que representan aproximadamente 26% de las emisiones nacionales de carbono negro (INECC, 2018c).

El 14 de noviembre de 2017 se publicó el reporte de soporte para la implementación de la NAMA para la industria de los ingenios azucareros (SENER-DEA, 2017). El desarrollo de los estudios de viabilidad de la NAMA fue dirigido por la SENER, con el apoyo de la Agencia de Energía Danesa (DEA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). En la elaboración de los estudios, el sector industrial azucarero se involucró a través de la Cámara Nacional de la Industria del Azúcar y el Alcohol (CANIAA).

La NAMA promueve la renovación de ingenios enfocada al aprovechamiento de residuos orgánicos para producir electricidad. Se plantea que la energía excedente se ponga a la disposición de la red eléctrica nacional (REN), para lo cual la NAMA considera una sección de modificaciones legales para ampliar la capacidad de conducción hacia los ingenios para mover los excedentes. Otro de los alcances del proyecto es la extensión de la temporada de generación energética con residuos orgánicos, utilizando biomasa de otras plantaciones en la región. El estudio consideró un análisis del sector financiero para lograr el financiamiento de los proyectos por la banca comercial (SENER-DEA, 2017).

CANIAA y el INECC-PNUD identificaron las siguientes medidas posibles de mitigación (INECC-PNUD, 2018a):

- Cogeneración eficiente y venta de excedentes.
- Instalación de sistemas de control de partículas para mitigar en un 90% las emisiones de carbono negro.
- Eliminar el uso de combustóleo.
- Implementación de medidas de eficiencia energética en todo el proceso.

El potencial de mitigación identificado para la industria del azúcar en 2030 es de 2.85 $MtCO_2e$ y 43,582 t de carbono negro (INECC, 2018c).

Los ingenios requieren una adecuación a la normatividad para el manejo de las cenizas recuperadas de los filtros de las chimeneas. En el capítulo 4 se detallan los precios de tonelada de carbono negro por sector.

Industria minera de carbón

La producción nacional de carbón, en 2014, fue de 18.1 millones de toneladas, lo que representó un incremento de 2.8%, con respecto a los 17.6 millones de toneladas producidas en 2013 (SE, 2017). Coahuila es el principal productor en México, aunque Sonora también ha registrado producción desde 2003. En México, las principales empresas mineras dedicadas a la extracción de carbón se encuentran afiliadas a la Cámara Minera de México (CAMIMEX) y son: Minera del Norte (AHMSA), MINSA y Grupo México.

Se estima que 39.12% de la producción es de carbón térmico (una tercera parte la generan los pequeños productores); 47.06% es de carbón coquizable, y el 13.81% restante corresponde a carbón lavado. La producción de carbón en México se concentra en tres grandes mineras. Adicionalmente, hay pequeños productores que destinan su carbón para generar energía eléctrica (carbón térmico), mientras que los grandes productores, además de proveer a las plantas carboeléctricas, también extraen para el consumo en sus procesos metalúrgicos (carbón coquizable), ya que son subsidiarias de empresas siderúrgicas.

De acuerdo con el inventario de emisiones (INECC, 2018c), la industria de la minería de carbón emitió aproximadamente 7.78 $MtCO_2e$ en el año 2015, representando 1.14% del total de las emisiones nacionales.[6]

El INECC-PNUD identificó las siguientes medidas posibles de mitigación (INECC-PNUD, 2018a):

- Destrucción del gas metano vía quemadores.
- Aprovechamiento para generación de electricidad vía ciclo combinado.

El potencial de mitigación identificado para la industria minera del carbón es de 0.65 $MtCO_2e$ (INECC, 2018f). Para más información referirse a la sección de "El Valor de la producción de bienes y servicios ambientales" del capítulo 4, en donde en la sección: "El valor de la producción de bienes y servicios ambientales", se detallan los costos de la mitigación.

Industria que utiliza gases F

Los HFC tienen diversas aplicaciones, desde su uso en equipos de refrigeración y aire acondicionado doméstico, comercial y móvil, hasta como agente de soplado de espumas aislantes, propelente de aerosoles, supresor de fuego y disolvente. En la cadena de distribución de HFC en México, compuesta por diversos actores, destacan los importadores y exportadores de sustancias puras y mezclas, los proveedores y distribuidores y, finalmente, las empresas y técnicos de servicios.

Las importaciones de HFC se llevan a cabo en mayor parte por algunas de las empresas aglomeradas por la Asociación Nacional de Fabricantes de la Industria de Refrigeración (ANFIR). Hay cuatro empresas que concentran alrededor de 75% de las operaciones de importación y que suministran HFC a distribuidores de mayoreo o menudeo, fabricantes de equipo original y a empresas o técnicos de servicio.

Las emisiones de HFC contribuyen aproximadamente con 1.7% de las emisiones nacionales totales de GYCEI. En particular, el sector de equipos de refrigeración y aire acondicionado es el mayor contribuyente al total de emisiones actuales por consumo de HFC en México: aproximadamente 88% de las emisiones en 2015 (9.89 $MtCO_2e$). La segunda mayor actividad contribuyente es la relacionada con aerosoles: 6.9% (0.78 $MtCO_2e$), y, en tercer lugar, las espumas, con 3.7% (0.42 $MtCO_2e$).

Por su parte, las emisiones de HFC-23 como subproducto de la producción de HCFC-22 se estimaron en aproximadamente 1.44 $MtCO_2e$ para el año 2015.

El INECC-PNUD y la ANFIR identifican las siguientes medidas posibles de mitigación (INECC-PNUD, 2018a):

- Sustitución de HFC-134a por HFO-1234yf en sistemas nuevos de AC móvil.
- Sustitución de HFC-134a por R-290 en equipos nuevos autocontenidos de refrigeración comercial.
- Sustitución de HFC-134a por R-600a en refrigeradores domésticos nuevos

El potencial de mitigación identificado para la industria de gases refrigerantes es de 2.09 $MtCO_2e$ (INECC, 2018f).

Industria de la manufactura

Algunos sectores industriales de la manufactura han emprendido acciones para reducir los GEI. La industria química es un ejemplo de sectores que reportan acciones específicas con emisiones evitadas (**Tabla 3.16**) (ANIQ, 2018).

Otro sector industrial que ha emprendido medidas encaminadas a la reducción de GEI es la industria

[6] La clasificación del IPCC para el sector minero de carbón es [1B1] Combustibles sólidos, dentro de [1] Energía.

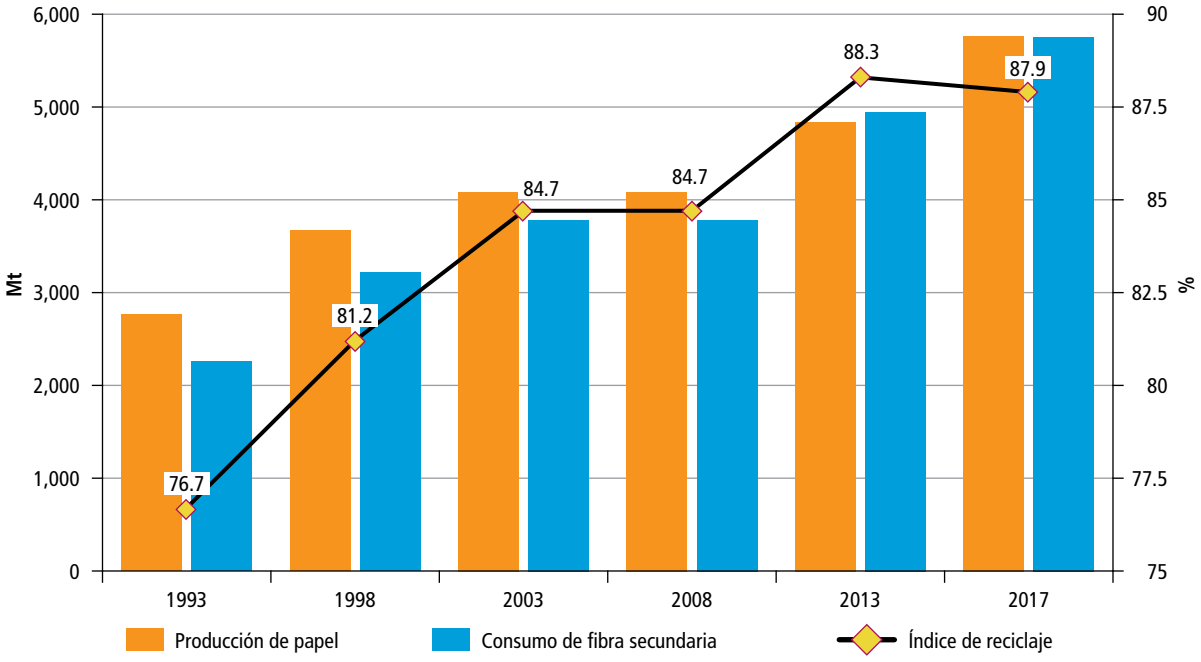
del papel, a través del acopio y reciclaje de 88 % de las materias primas requeridas para la producción nacional. La Cámara del Papel elaboró un estudio de la huella de carbono de las industrias de la celulosa y del papel en México para el periodo 2010-2014, desarrollado por el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, bajo los lineamientos de la norma internacional ISO/TS 14067: 2013 *Greenhouse Gases -Carbon Footprint of products- Requirements and guidelines for quantification and communication*, y fue sometido a una revisión de un tercer auditor internacional de acuerdo con las Normas ISO/TS 14044: 2006 e ISO/TS 14071: 2014. En este estudio –el primero de este tipo en el mundo para las actividades de celulosa y papel–, se analizaron la producción nacional y el acopio de papel postconsumo; también se calcularon, bajo la metodología antes señalada, las emisiones y la huella de carbono para los datos nacionales. Basado en un análisis de ciclo de vida, este estudio demuestra el compromiso y la contribución del sector con la mitigación del cambio climático. En la **Figura 3.12** se presenta una gráfica

Tabla 3.16. **Acciones del sector químico**

Descripción de las acciones en la industria química	Emisiones evitadas (tCO_2e)	Metodología usada para la estimación	Estatus de las acciones (diseño, planeación, implementación)
Proceso de cogeneración	300,000	Por medio de factores energéticos	Implementada
Ajuste de temperaturas de operación en etileno (área fría)	50,000	Balance de materia, cálculo Tier 2	Implementada
Diseño de programa de inspección de dispositivos de relevo a *flare*	82,000	Balance de materia Tier 2	Implementada
Corriente residual de proceso de etileno a tratamiento de efluentes evitando la quema	30,000	Balance de materia	Implementada

Fuente: Elaboración propia con información de la Asociación Nacional de la Industria Química, 2018 (ANIQ, 2018)

Figura 3.12. **Avances en el reciclaje del papel de 1993-2017**



Fuente: Cámara del Papel, 2018.

con los avances en el reciclaje de papel de 1993 a 2017. (Véase también "El valor de la producción de bienes y servicios ambientales" en el capítulo 4.)

El INECC ha identificado algunas acciones adicionales en la industria de la manufactura, las cuales están bajo consideración y se muestran en la **Tabla 3.17**. El estudio será publicado hacia finales de 2018.

Tabla 3.17. **Acciones de mitigación en la industria manufacturera**

Medida	Industria	Mitigación al 2030 $MtCO_2e$
Eficiencia energética: optimización y ajustes de los parámetros operacionales en calderas e implementar buenas prácticas operativas en usuarios de vapor para el sector papel.	Papel	0.0002
Eficiencia energética: implementar quemador de alta eficiencia en hornos, para las industrias de manufacturas no ferrosas.	Manufacturas no ferrosas (MNF)	0.043
Eficiencia energética: optimizar la eficiencia de los hornos, eliminando las pérdidas de energía e implementando sistemas de recuperación de calor y equipos de control para las industrias de alimentos y bebidas, automotriz, MNF y Vidrio.	Alimentos y bebidas Automotriz MNF Vidrio	0.124 por medida
Cambio tecnológico: sustitución de combustibles por otros de menor factor de emisión o neutros en el sector vidrio.	Vidrio	0.195

Fuente: Elaborado por Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, con datos propios (por publicar).

Sector residencial y comercial

Panorama general

Dado el crecimiento demográfico de México, se espera que en 2050 el país tenga alrededor de 150 millones de habitantes. Entonces, el número de viviendas pasaría de 31 millones de viviendas en 2015 a un estimado de 40.9 millones en 2030 (CONAVI, 2010). Debido al largo ciclo de vida de las edificaciones, las inversiones en el desarrollo sustentable rendirán frutos en las décadas venideras, tanto desde la perspectiva económica como ambiental y social.

Las emisiones directas de este sector durante 2015 fueron 26.56 $MtCO_2e$; de esa cantidad, 21.28 $MtCO_2e$ correspondieron al subsector residencial y las restantes 5.28 $MtCO_2e$ al comercial (INECC, 2018c). De acuerdo con la serie histórica, las emisiones de actividades comerciales se han incrementado de manera gradual de 4.71 $MtCO_2e$ en el año 2000 a 5.28 $MtCO_2e$ en 2015. Por su parte, las emisiones residenciales se han mantenido relativamente estables, con fluctuaciones menores en los 15 últimos años. La suma de ambas equivale a 3.9% de las emisiones totales del inventario nacional (3.1% a residencial y 0.8% a comercial). En el Inventario, se encuentran dentro de "Otros sectores".

En el inventario se contabilizan únicamente las emisiones directas, en este caso asociadas al consumo de combustibles fósiles, pero en las acciones de mitigación se incluyen las medidas de eficiencia energética que reduzcan el consumo eléctrico en hogares y comercios,[7] y también las emisiones indirectas (que se contabilizan por la reducción del consumo de combustibles para la generación de electricidad).

Las emisiones indirectas asociadas con estas actividades en 2015 se estimaron en 39.52 $MtCO_2e$: 28.47 $MtCO_2e$ se debieron a las residenciales y 11.05 $MtCO_2e$ a las comerciales; en ambos casos,

[7] En el PECC, la línea de acción 3.1.2 a cargo de SENER a través de la CONUEE 3.1.2 corresponde a "promover eficiencia energética mediante: 1) normas oficiales mexicanas, 2) alumbrado público; y 3) inmuebles, instalaciones y vehículos de la APF.

las emisiones indirectas suman más que las directas. El total de emisiones (directas más indirectas) para comercios y vivienda en dicho año fue de 66.1 $MtCO_2e$, que representan 9.67% de las emisiones nacionales entonces registradas.[8]

Los combustibles utilizados para la cocción de alimentos y calentamiento de agua son el gas natural, el GLP y la leña para la vivienda rural; mientras que el diésel es exclusivo para el subsector comercial, en el que se utiliza para calderas de vapor, agua caliente y, en menor medida, para plantas de emergencia. El GLP es el principal insumo para procesos de combustión; en este sector representa la mayor fuente de emisión y es en el subsector residencial en el que se distribuye 59.5% del consumo de ese gas (SENER, 2014). El GLP y el gas natural representan más de 86% de las emisiones directas del sector.

Política de mitigación

Las metas nacionales de eficiencia energética –establecidas por la Secretaría de Energía en la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios de 1.9% de reducción de la intensidad energética anual de 2017 a 2030– engloban varias acciones del gobierno, como normas, programas y capacitación, entre otras (SENER, 2016b). Programas de eficiencia energética como el PRONASGEN, se mencionan anteriormente en la sección del sector de energía y en la **Tabla 3.3** los resultados de mitigación de los proyectos promovidos por la CONUEE sobre normalización, inmuebles y flota de la APF y alumbrado público municipal. Otras iniciativas que aplican a comercios y a oficinas de acuerdo con el informe de la CONUEE se describen a continuación (CEPAL/CONUEE, 2018):

Programa de ahorro y eficiencia energética empresarial (PAEEEM) o "Eco-Crédito empresarial"

Operado por el FIDE con recursos del FOTEASE. El proyecto pretende otorgar un financiamiento a tasa preferencial a los usuarios con tarifas 2 y 3, con el objetivo de aumentar su competitividad mediante la reducción de costos de operación a través del ahorro y uso eficiente de la energía. Entre los beneficiarios predominan las MIPYMES que desean sustituir equipos eléctricos ineficientes por equipos eficientes o empresas que desean adquirir equipos nuevos que cumplan las NOM-ENER y también con el sello FIDE. Las tecnologías participantes en el proyecto son refrigeradores comerciales, motores eléctricos, aire acondicionado, iluminación eficiente y subestaciones eléctricas.

Proyecto piloto de "Excelencia en eficiencia energética en edificios E4"

Evalúa la eficiencia energética en edificios privados que funcionan como oficinas y sucursales bancarias de México. Como resultado, el 23 de marzo de 2018 se premió a nueve inmuebles de distintas ciudades. El antecedente del proyecto inició en 2010 como un esfuerzo para diseñar una metodología estandarizada de evaluación de eficiencia y sustentabilidad energética en edificios, equiparable con el resto de Norteamérica, a partir de un índice de desempeño energético, obtenido mediante un algoritmo desarrollado por el INECC. Hasta 2017, solamente se había trabajado con información de edificios de la administración pública federal (APF), y en dicho año dio inicio el proyecto piloto para incluir inmuebles privados (SENER, 2018a).

Base de indicadores de eficiencia energética para México (BIEE México)

La integran 720 registros estadísticos e indicadores provenientes de 32 fuentes oficiales, divididos en siete grupos: comercial-servicios, además del energético, transporte, industrial, residencial, y agropecuario.[9]

[8] Para la estimación de las emisiones indirectas se consideraron los datos de consumo y demanda de energía eléctrica por subsector (residencial y comercial) del año 2015 con información del Sistema de Información Energética. Se calcularon las emisiones tomando la proporción correspondiente respecto al total de emisiones del sector de generación de energía eléctrica del INEGYCEI 2015. El dato del inventario que se utilizó para estimar las emisiones fue el correspondiente al total sin absorciones de tierras.

[9] http://www.biee-conuee.enerdata.net/

Proyecto de eficiencia y sustentabilidad energética en municipios, escuelas y hospitales (PRESEMEH)

Tiene como objetivo desarrollar e implementar mecanismos operativos y financieros sostenibles para inversiones de eficiencia energética en municipios en México con el fin de reducir su consumo de energía. Tiene un periodo de ejecución de 5 años hasta 2021 por la SENER, con el apoyo del FIDE y CFE principalmente. (SENER; Banco Mundial, 2017).

Programas e iniciativas del subsector residencial

En el sector de la vivienda, a partir de 2013 se consolida como coordinadora del sector la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) que agrupa entre otras entidades a la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), la cual formula, ejecuta conduce, coordina, evalúa y da seguimiento a la política nacional de vivienda y al programa nacional en la materia (SEDATU; CONAVI, 2018). En el sector participan también el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), el Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE) y la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF).

Entre los programas e iniciativas del sector se encuentran (SEDATU, 2016) (SEDATU, 2017) (Fundación CIDOC /SHF, 2017):[10]

Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIIV)[11]

En junio de 2014, la CONAVI diseñó, desarrolló y puso a disposición del público usuario el SNIIV, el cual tiene por objeto integrar, generar y difundir la información requerida para la adecuada planeación, seguimiento e instrumentación de la política nacional de vivienda, así como fortalecer la oferta articulada de vivienda en el país.

Hipoteca Verde

El INFONAVIT[12] mantiene el programa Hipoteca Verde, que es un mecanismo para el financiamiento de ecotecnologías que mitiguen la emisión de GEI y que reduzcan el consumo de agua, energía eléctrica y gas en el país a través de un monto adicional sobre el crédito a la vivienda. Entre enero de 2013 y junio de 2017, el programa financió 1,621,351 hipotecas verdes, por un monto de $487,439 millones de pesos. Algunas de las modificaciones del programa a partir de 2018 son las siguientes:

- Todas las viviendas nuevas que pretendan ser financiadas por el INFONAVIT deberán cumplir con una línea base de eficiencia energética y ambiental. Se reconoce el cumplimiento mínimo de la línea base con otros esquemas del resto de los organismos nacionales de vivienda, como EcoCasa, NAMA, así como un índice de desempeño global (IDG) mínimo de "E", simulado en SISEVIVE-EcoCasa.
- La línea base deberá estar incluida en el precio de venta de la vivienda. Las tecnologías que deben incluirse de forma obligatoria son dispositivos ahorradores de agua, regaderas con grado ecológico, lámparas ahorradoras, aislamiento térmico en el techo y calentador de gas de rápida recuperación. Las mismas deberán cumplir con las normas y especificaciones que les correspondan y se señalen en el *Manual Explicativo de la Vivienda Ecológica* 2018 (INFONAVIT, 2018b).

Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde (SISEVIVE-EcoCasa)

En 2015, este sistema impulsado por INFONAVIT en coordinación con otras instituciones se consolidó como una herramienta transversal para la evaluación de toda vivienda que forme parte del proyecto NAMA de vivienda sustentable, a través de programas como

[10] En el capítulo 4, en el apartado denominado "El crecimiento verde en México" se describen otros programas a cargo de la SEDATU.

[11] Disponible en http://sniiv.conavi.gob.mx/

[12] El INFONAVIT es una institución del Estado mexicano que financia siete de cada diez casas en México, que lo convierte en un actor fundamental en la atención de las necesidades de vivienda de la población.

EcoCasa de la SHF y la prelación del subsidio federal para la vivienda de la CONAVI (**Figura 3.17**).

Desarrollos certificados (DC)

A partir de finales de 2017, CONAVI ha sido la instancia coordinadora del programa de los DC. Entre enero de 2013 y julio de 2017 se certificaron ocho desarrollos en cinco entidades federativas: Baja California, Durango, Michoacán, Hidalgo y Yucatán, con la construcción de 243,794 viviendas, en beneficio de 975,176 personas, sobre una superficie de 5,312 hectáreas.

Programa de Cooperación Financiera para el impulso a la oferta de Vivienda Sustentable en México: EcoCasa[13]

La SHF impulsa la construcción de vivienda sustentable en línea con la política nacional de vivienda, por el lado de la oferta de vivienda sumando a los demás programas de atención en la demanda. El programa, pionero junto con el sector vivienda en la implementación de la NAMA de vivienda, inició en 2013 e integra esquemas con distintos estándares de eficiencia y de reducción de emisiones. El programa representa el 18% del total de crédito a la construcción total que otorga SHF y ha financiado a junio de 2018, 56,942 viviendas distribuidas en 26 ciudades con una reducción estimada en 1.8 $MtCO_2e$ a 40 años con una inversión de $12,061 millones de pesos. El programa incluye otros nichos con atributos de sustentabilidad para desarrollos de vivienda y vivienda rural existente (SHF, 2018).

Programa de mejoramiento integral sustentable[14]

Se puso en marcha en julio de 2017. Tiene como objetivo el mejoramiento sustentable de viviendas existentes, mediante la aplicación de acciones que contribuyan a reducir el gasto en familias de ingresos hasta cinco salarios mínimos por concepto de gas y electricidad. El programa es un ejemplo exitoso de arreglos institucionales en el que participan instancias como SENER a través del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) mediante un subsidio de 10%; SEDATU, a través de la CONAVI, con un subsidio de 30%; CFE, Nacional Financiera y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Las ecotecnologías autorizadas incluyen: focos LED, ventanas térmicas, aislante térmico, aire acondicionado *inverter,* calentador eficiente a gas, calentador solar, pintura reflectora y sistema fotovoltaico.

Otros programas vigentes relacionados

La SENER, en conjunto con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y cinco asociaciones de distribuidores de gas licuado de petróleo (GLP) acordaron llevar a cabo una estrategia de conversión con empresas para sustituir el uso de leña o carbón como combustible en las zonas rurales o urbanas de menores recursos, a fin beneficiar a 13,093 familias en 15 municipios de doce estados de la república. La estrategia comprende la donación de 13,093 equipos de cocción a base de GLP que constan de una parrilla de dos quemadores, un regulador, un cilindro de gas de 9.5 kg y la instalación de puntos de oferta del GLP (expendios) en tiendas DICONSA (SEDESOL, 2017). También en el marco de la cruzada nacional contra el hambre, la SEDESOL promueve la construcción de estufas ecológicas, que para el cierre de 2016 sumaron 807.

Adicionalmente, en México hay una amplia variedad de normas que rigen la eficiencia energética tanto de equipos como de sistemas y que, por lo tanto, están asociadas a la mitigación de emisiones de GEI. Existe normatividad de cumplimiento obligatorio (normas oficiales mexicanas, NOM), mientras que otras son normas voluntarias (normas mexicanas, NMX). Algunas de las normas obligatorias para el sector, en su mayoría promovidas por CONUEE se presentan en la **Tabla 3.18**.

En el sector vivienda, es importante la reglamentación que se emite y aplica a escala regional, estatal o municipal. Por ejemplo, la relativa a la construcción, dado que puede impactar en la segu-

[13] Programa a cargo de SHF en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco de Desarrollo Alemán, KfW

[14] Infografía disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133280/INFO-sustentabilidad-ok.pdf

Tabla 3.18. Normatividad vigente para el sector Residencial y Comercial

	Tema	Norma oficial mexicana en curso	Campo de aplicación	Requisitos sobre consumo energético
Medidas directas	Calentamiento de agua solar	NOM-027-ENER/SCFI-2018 Fecha de publicación: 28 de agosto de 2018	Calentadores solares de agua con y sin el respaldo de un calentador de gas.	Rendimiento térmico y ahorro de gas
	Calentamiento de agua con gas	NOM-003-ENER-2011	Calentadores de agua para uso doméstico y comercial	Eficiencia mínima: 84% comercial, promedio 79.6% residencial
	Estufas de gas	NOM-019-SEDG-2002	Requisitos mínimos de seguridad para estufas, hornos, asadores y parrillas de uso doméstico que utilizan GLP o gas natural	Eficiencia térmica mínima para quemadores de la sección superior: 45%
		NOM-010-SESH-2012 Fecha de publicación: 29 de mayo de 2013	Quemadores < 11500 kJ/h	Eficiencia min.: 45%
			Quemadores > 11500 kJ/h	Eficiencia min.: 30%
			Hornos y asadores con sistema de ignición	Tiempo de prendido máx. 4 segundos
		NOM-025-ENER-2013 Fecha de publicación: 17 de junio de 2013	Aparatos domésticos para cocción de alimentos que usan GLP o gas natural	Eficiencias mínimas e índice de eficiencia energética
Medidas indirectas	Envolvente de edificaciones	NOM-020-ENER-2011	Edificaciones para uso habitacional	Ganancia de calor mínima especificada por cada tipo de edificación
		NOM-008-ENER-2001	Edificaciones para uso no residencial	Eficiencia energética
	Refrigeradores	NOM-015-ENER-2018 Fecha de publicación: 28 de junio de 2018	Refrigeradores y congeladores electrodomésticos (vertical, horizontal)	Límite de consumo energético máximo
		NOM-022-ENER/SCFI-2014	Aparatos de refrigeración comercial autocontenidos	Eficiencia energética
	Acondicionadores de aire	NOM-011-ENER-2006	Acondicionadores de aire tipo central	
		NOM-21-ENER/SCFI-2008	Acondicionadores de aire tipo cuarto	Relación de eficiencia energética mínima para cada clase (1 hasta 14)
		NOM-023-ENER-2018 Fecha de publicación: 17 de julio de 2018	Acondicionador de aire tipo dividido (minisplit)	Relación de eficiencia energética mínima para cada clase (1 hasta 14)
		NOM-026-ENER-2015 Fecha de publicación: 9 de febrero de 2016	Acondicionadores de aire tipo dividido (*Inverter*) con flujo de refrigerante variable	Relación de eficiencia energética estacional (REEE) para 4 rangos de capacidad de enfriamiento
	Iluminación	NOM-028-ENER-2017 Fecha de publicación: 9 de marzo de 2018	Lámparas de uso general destinadas para iluminación de los sectores residencial, comercial, servicios, industrial y alumbrado público	Potencia máxima, eficiencia mínima
		NOM-017-ENER/SCFI-2012	Lámpara fluorescente compacta autobalastrada	Eficacia luminosa mínima
		NOM-030-ENER-2016 Fecha de publicación: 17 de enero de 2017	LED integradas para iluminación general	Eficiencia luminosa mínima
		NOM-007-ENER-2014	Alumbrado en edificaciones no residenciales	
	Otros	NOM-005-ENER-2016 Fecha de publicación: 15 de noviembre de 2016	Lavadoras electrodomésticas de ropa	Eficiencia energética
		NOM-019-ENER-2009	Tortilladoras mecanizadas	Eficiencia térmica y eléctrica

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018a).

ridad, habitabilidad y sustentabilidad de las viviendas. Un instrumento que se pone a disposición de los gobiernos estatales es el Código de Edificación de Vivienda (3ª edición), actualizado al 2017, el cual contiene los ordenamientos jurídicos que rigen la edificación en el ámbito nacional en la vivienda, a fin de fomentar las mejores prácticas en la construcción de vivienda, e incluye un capítulo de sustentabilidad y otro sobre condiciones especiales como los sistemas solares fotovoltaicos. (SEDATU/CONAVI, 2017).

El conglomerado de normas, programas e instrumentos antes descritos es de gran relevancia para la consecución de la CND, ya que rigen las eficiencias operativas de los equipos nuevos, o de las viviendas o comercios que recién se habitan o inauguran. Cabe destacar que, aunque no se enlistan en la **Tabla 3.18**, la normatividad obligatoria de eficiencia energética también incluye transformadores de distribución, motores, conjuntos de motor-bomba, sistemas de aislamientos térmicos industriales, aislantes térmicos y características térmicas de sistemas vidriados para edificaciones, luminarias LED para vialidades y áreas exteriores públicas, equipos y aparatos que demandan energía en espera.

Con respecto a las normas mexicanas voluntarias que también podrían incidir en la reducción de emisiones se encuentran las siguientes:

Para colectores o calentadores solares de agua

NMX-ES-001-NORMEX-2005
Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua (métodos de prueba y etiquetado). Esta norma pretende disminuir el consumo de combustibles fósiles, así como la emisión de contaminantes, al utilizar la radiación solar para el calentamiento de agua de uso sanitario. Establece los métodos de prueba para conocer el rendimiento térmico y la funcionalidad de los colectores solares que utilizan el agua como fluido de trabajo.

NMX-ES-003-NORMEX-2008
Requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua. Aplicación: colectores solares que proveen agua caliente en fase líquida dentro del territorio mexicano.

NMX-ES-004-NORMEX-2010
Evaluación térmica de sistemas solares para el calentamiento de agua (método prueba).

Para paneles fotovoltaicos

NMX-J-655/1-ANCE-2012
Mediciones de desempeño de irradiancia, temperatura y energía en módulos fotovoltaicos.

NMX-J-655/2-ANCE-2012
Procedimiento para la medición de eficiencia.

NMX-J-655/3-ANCE-2012
Desempeño y funcionamiento de los controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos.

Para edificaciones

NMX-AA-164-SCFI-2013
Edificación sustentable. Criterios y requerimientos ambientales mínimos. Norma en la que se establecen criterios de eficiencia energética de equipos y límites de consumo unitario mediante índices de consumo de energía (Wh/m2 al año).

En cuanto al ámbito estatal, igualmente se ha emitido una normatividad en la materia. Un ejemplo es la norma ambiental de la Ciudad de México NADF-008-AMBT-2005 que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en nuevos establecimientos de la ciudad.

Evaluación del potencial de mitigación en el sector

Como parte del análisis para reducir emisiones GEI en este sector se desarrolló el estudio sobre rutas de instrumentación de la CND en materia de mitigación en el sector (INECC-PNUD, 2018b). Se proyectó la línea base de emisiones directas del sector hacia 2030 en 28.9 $MtCO_2e$. Con las acciones de mitigación se estima una reducción de 5.5 $MtCO_2e$ a 18.9% en 2030, porcentaje que está alineado con la meta sectorial,

planteada en las recientes modificaciones publicadas el 13 de julio de 2018 a la LGCC, equivalente a -18% (Cámara de Diputados, 2012b). En las **Figuras 3.13** y **3.14** se desglosan las líneas de mitigación del sector Residencial y Comercial.

Se planteó la reducción de emisiones directas por la aplicación de tecnologías de calentamiento solar vinculado al desarrollo y publicación de una norma aplicable a partir de 2020 y una medida asociada a la reducción en el uso de leña por medio de estufas eficientes. Sin embargo, también se analizaron las medidas no condicionadas, que incluyeron calentadores eficientes de agua (de paso e instantáneos), calentadores solares de agua (considerando la norma a partir de 2020), además de otras fuentes de mitigación posibles, como las regaderas ahorradoras de agua[15] y la combinación en la implementación de estas distintas tecnologías. Finalmente, con el fin de dar mayores elementos técnicos para la toma de decisiones, se analizaron otras opciones tecnológicas, como la generación distribuida con paneles fotovoltaicos y distintas medidas de mitigación que están presentes dentro de los programas de las instituciones del sector vivienda, o bien que son usados en las viviendas o comercios del país.

En la **Tabla 3.19** se resume el resultado de la mitigación de emisiones directas e indirectas con el escenario de política actual y con las medidas identificadas.[16] Las acciones de mitigación de emisiones directas que tienen mayor relevancia están asociadas a la mejora de eficiencia de combustión e incorporación del uso de energía solar para el calentamiento de agua o cocción de alimentos. En el subsector residencial, el calentamiento solar de agua (CSA) se identificó potencial de reducción de 0.7 a 5.6 $MtCO_2e$ con respecto a los valores proyectados al 2030. La sustitución de calentadores a gas de baja eficiencia por calentadores con mejor rendimiento (tipo instantáneos o de paso) tiene un potencial de 2.3 $MtCO_2e$. El ahorro de gas y su consecuente reducción de emisiones a través de la implementación de regaderas ahorradoras de agua puede mitigar 3.2 $MtCO_2e$. En el subsector comercial, el CSA tiene un potencial de 0.5 $MtCO_2e$ y la mejora de eficiencia en calentadores de gas un potencial de 0.6 $MtCO_2e$.

Para el sector comercial la principal medida de mitigación de emisiones directas identificada fue la mejora de los procesos de calentamiento de agua, que está en función del incremento de la eficiencia de las tecnologías de combustión, así como de la incorporación de calentadores solares. Se requiere generar normatividad para los equipos de preparación de alimentos como hornos y parrillas y demás equipos de cocción. Es necesaria también la generación de información de las tecnologías instaladas en restaurantes.

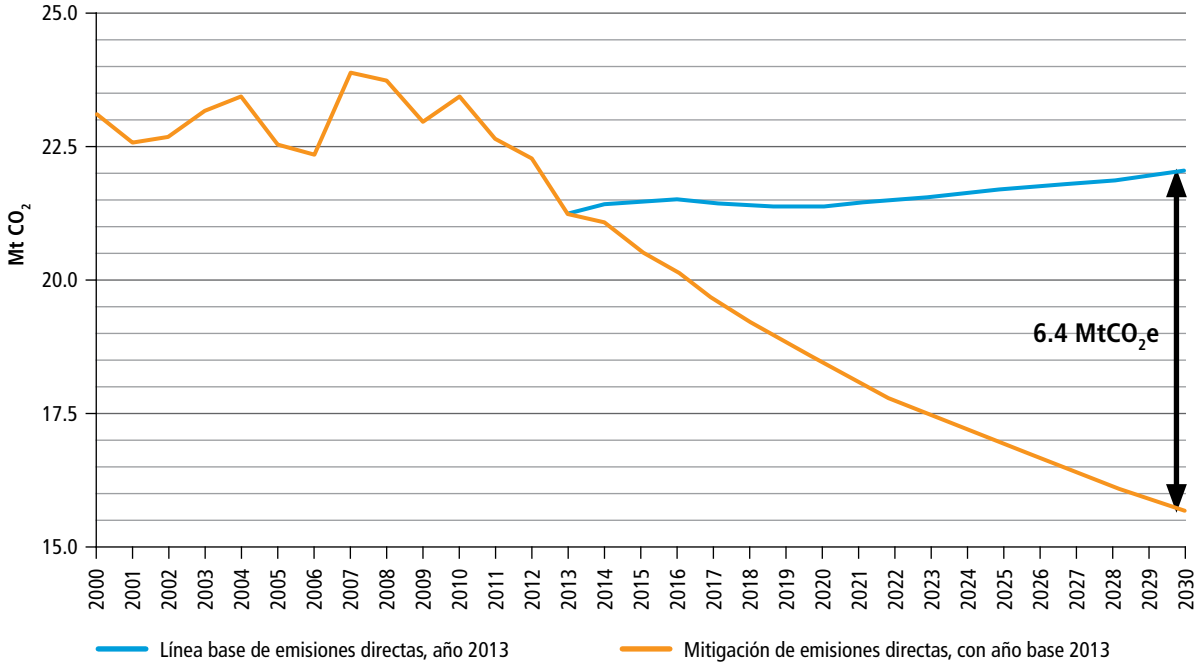
Tabla 3.19. Resumen de la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en 2030

	Opción de mitigación analizada	Potencial de mitigación ($MtCO_2e$)
Residencial	Iluminación eficiente	2.6
	Calentador eficiente de agua	2.3
	Calentador solar de agua	0.7 a 5.6
	Regadera ahorradora de agua	3.2
	Envolvente térmico	1.2
	Aire acondicionado eficiente	1.1
	Generación distribuida T1	0.1
	Generación distribuida DAC	0.3
	Refrigeradores eficientes	1.3
	Hornos de microondas	0.02
	Encendido electrónico de estufas	0.14
Comercial	Iluminación	0.2
	Aire acondicionado eficiente	0.6
	Sistemas de manejo de la energía	0.4
	Refrigeración	0.6
	Calentador solar de agua	0.5
	Generación distribuida T2	0.1
	Calentador eficiente de agua	0.6
	Subtotal residencial	13 a 17.9
	Subtotal comercial	3.0
	Total	16 a 20.9

[15] En el caso de las regaderas ahorradoras de agua para disminuir la demanda de energía (gas) para calentamiento de agua, por ejemplo, están consideradas dentro de los programas del sector vivienda, en particular para toda la vivienda nueva.

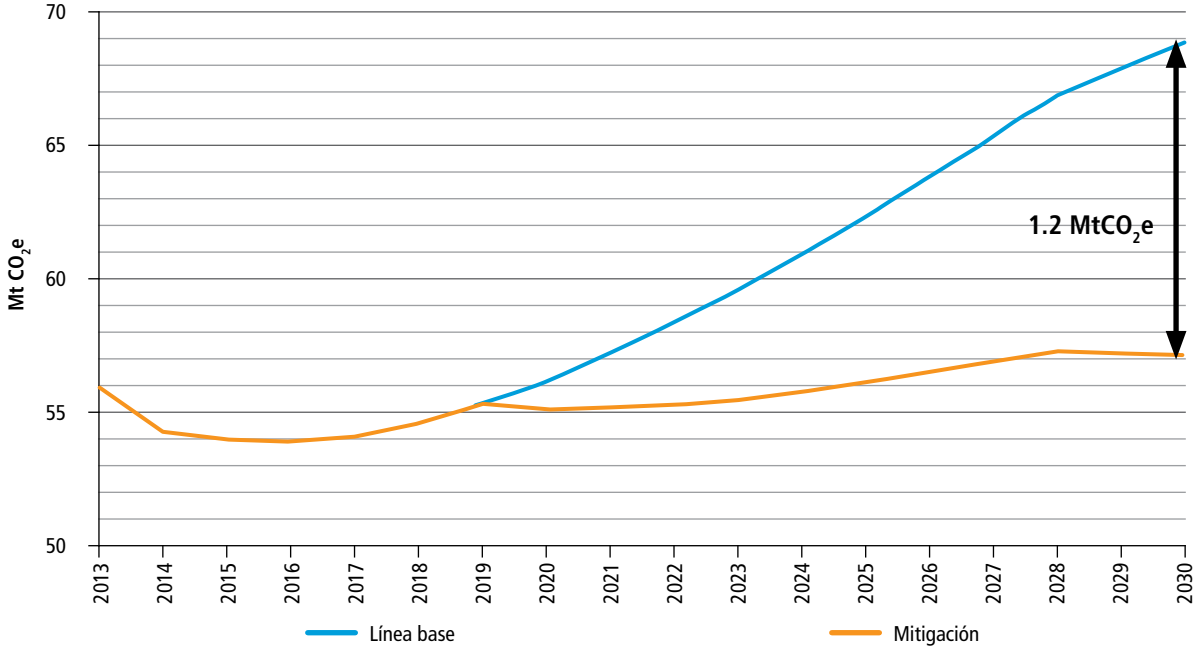
[16] En esta tabla la medida de 100% de hogares equipados de fotovoltaico para las tarifas T1 y T2 no se sumó para que pueda visualizarse la contribución de las demás medidas; dicha medida corresponde a las condicionadas y el potencial máximo se estimó en 24.9 $MtCO_2e$ en 2030. En el caso del rango en la mitigación estimada para los calentadores solares de agua, se encuentra en función de las barreras e incentivos para su penetración e implementación.

Figura 3.13. **Mitigación del subsector residencial en la CND (emisiones directas)**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018a).

Figura 3.14. **Mitigación del sector comercial en la CND (emisiones directas)**



Fuente: (INECC, 2018a)

Por otro lado, los modelos de financiamiento o de crédito vinculados a programas de eficiencia energética han priorizado la sustitución de equipos eléctricos y es menor e incipiente para los equipos térmicos o de combustión que involucran a las emisiones directas.

Relativo al sector comercial, en el PECC dentro de la Estrategia 3.4. "Promover y facilitar acciones de reducción de emisiones del sector privado" se incluyen las siguientes líneas de acción:

- 3.4.2 Promover acciones de eficiencia energética en las MIPYMES turísticas, principalmente en hoteles y restaurantes.
- 3.4.3 Promover la generación distribuida de energía en el sector doméstico, comercial e industrial.
- 3.4.7 Fortalecer programas de uso de calentadores solares de agua en los sectores de consumo final.

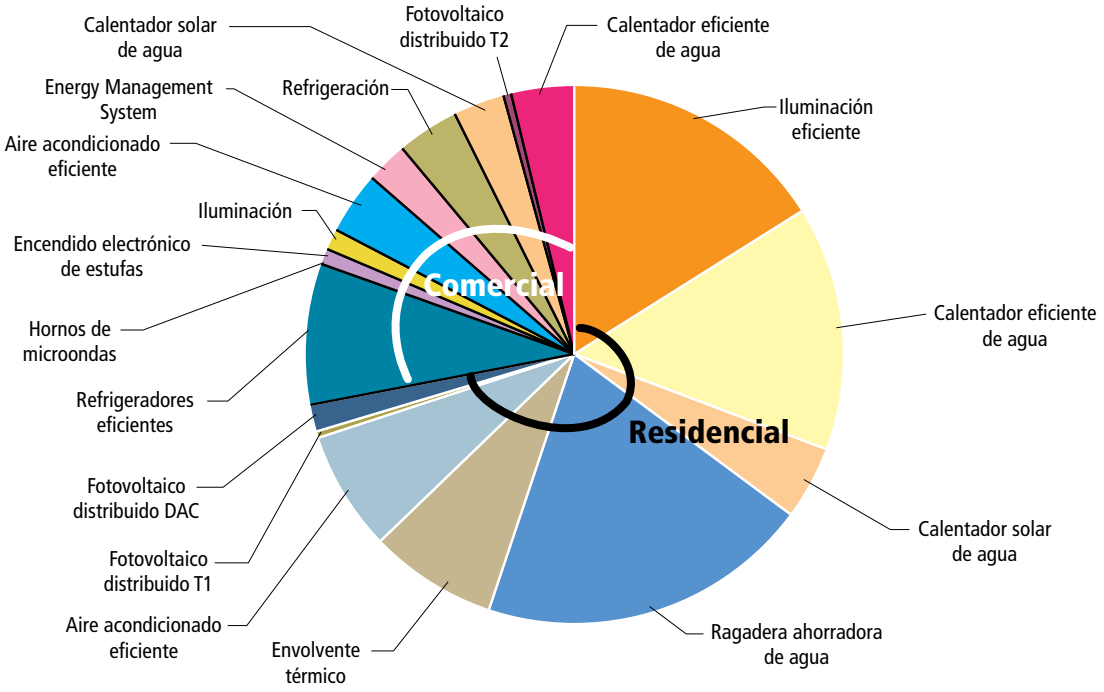
En el subsector residencial los calentadores de agua que predominan son de tres tipos: de almacenamiento, de paso e instantáneos. La distribución de las medidas de mitigación identificadas para estas actividades se resume en la **Figura 3.15**.

Uso de leña y emisiones de carbono negro

Con respecto al compromiso de México de reducción de emisiones de carbono negro, para el subsector residencial, específicamente para los hogares que utilizan leña,[17] se estimó el potencial de mitigación de estufas o fogones eficientes, que resultó en un potencial de reducción de 4.9 Gg de carbono negro (4,900 toneladas) en 2030 con respecto a los valores proyectados.

[17] Corresponde a la línea de acción 4.1.6 del PECC "Sustituir fogones abiertos tradicionales por estufas ahorradoras de leña en viviendas ubicadas en territorios con marginación y pobreza".

Figura 3.15. **Distribución de las medidas de mitigación para el sector Residencial y Comercial**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018a).

Se analizó el potencial de mitigación de carbono negro de medidas adicionales: parábola solar en combinación con el uso de las estufas eficientes: 12,400 toneladas; parrilla de GLP: 9,400 toneladas (esta medida tiene impacto en las emisiones GEI de 1.09 $MtCO_2e$); parábola solar en combinación con parrilla de gas: 13,900 toneladas, y uso de parrillas eléctricas: 9,300 toneladas (esta medida tiene impacto en las emisiones GEI de 1.03 $MtCO_2e$). Los valores son estimaciones conforme a la CND para 2030 con respecto a los valores proyectados en la línea base (**Tabla 3.20**).

Principales acciones de mitigación

NAMA vivienda sustentable

La NAMA de vivienda sustentable[18] con enfoque en las viviendas nuevas y las existentes, busca abonar al compromiso internacional de reducción de emisiones, al mismo tiempo que otorga beneficios económicos y de calidad de vida para las familias

[18] Esta iniciativa está alineada a la línea de acción 3.6.2 del PECC 2014-2018 "Impulsar la realización de proyectos de NAMA en el sector de la vivienda" a cargo de SEDATU.

Tabla 3.20. **Mitigación de carbono negro en 2030 en el subsector residencial**

Medida de mitigación	Mitigación de carbono negro debido al uso de leña	Mitigación conforme a la CND	Impacto sobre emisiones GEI
	Mt	%	$MtCO_2e$
Estufas de leña eficientes (67% de uso)	4.9	27.0%	-0.58
Parábola solar y estufas eficientes (67% de uso)	12.4	50.9%	-1.48
Parilla de GLP (67% de uso)	9.4	41.5%	1.09
Parábola solar y parrilla de GLP (67% de uso)	13.9	55.7%	-0.34
Uso de parrillas eléctricas (67% de uso)	9.3	40.9%	1.03

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018a)

Figura 3.16. **Sistema de evaluación de la vivienda verde**

DEEVI: Diseño energéticamente eficiente de la vivienda.
SAAVI: Simulador de ahorro de agua en la vivienda.
Fuente: Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible, 2018 (INFONAVIT, 2018a).

mexicanas. La NAMA es coordinada por SEDATU y CONAVI que, a través del programa de subsidio a la vivienda, financia viviendas que cumplen con el estándar internacional de la NAMA. La NAMA para la vivienda nueva cuenta con apoyo internacional del NAMA Facility, mediante el cual se concluyó el componente técnico y se continúa con el componente financiero a través de SHF.

La combinación de esfuerzos y arreglos institucionales se ha fortalecido a través de la *Mesa transversal de vivienda sustentable*, en la cual se trabaja en homologar los criterios de ese tipo de vivienda, mejora de herramientas y metodologías y desarrollo de proyectos piloto con la participación de los diferentes organismos nacionales del ramo, los desarrolladores y los gobiernos estatales y municipales.[19] El desempeño de la vivienda se considera con herramientas para medir su consumo de energía y ahorro de agua, y se genera un índice de desempeño global (IDG). Las instancias lograron acordar un IDG mínimo para asegurar el desempeño sustentable.

Los criterios técnicos, mecanismos de financiamiento, el sistema de MRV, el fortalecimiento necesario de capacidades, los cobeneficios y los escenarios de mitigación asociados a la NAMA se actualizaron por SEDATU y CONAVI, con apoyo de la GIZ, en 2018 (SEDATU; CONAVI, 2018b). Los escenarios se resumen en la **Tabla 3.21**.

De forma particular, se precisa que, para alcanzar los resultados de vivienda sustentable, se necesita la vinculación de las líneas de financiamiento proporcionadas por INFONAVIT y FOVISSSTE con el cumplimiento de los criterios establecidos para la NAMA, a través de arreglos institucionales sólidos para que las financieras adopten dichos criterios.

Los resultados principales de las acciones de mitigación en el sector, con información de CONAVI, SHF e INFONAVIT, se muestran en la **Tabla 3.22**. Para el cálculo de emisiones que presenta el anexo del IBA2, sólo se consideraron 101,739 viviendas conforme a los lineamientos de la NAMA de vivienda nueva, con 83,372 viviendas construidas y evaluadas del programa de acceso al financiamiento de soluciones habitacionales; y el resto del programa EcoCasa y NAMA Facility ejecutado por SHF.

En el ámbito estatal

Los gobiernos estatales y municipales cuentan también con una serie de acciones de mitigación. Algunos ejemplos en distintas etapas de avance son los siguientes:

Baja California

Mejoras en el diseño y la construcción de inmuebles residenciales nuevos; ampliación de la eficiencia energética en el diseño de nuevas viviendas; incremento de la eficiencia energética de edificaciones existentes en los sectores residencial y comercial; uso de calentadores solares y de calentadores de paso en el subsector residencial. En etapa de diseño.

[19] En la mesa transversal de vivienda sustentable promovida por CONAVI participan actores públicos y privados que influyen en la política pública de vivienda. Con regularidad se reúnen representantes de las instituciones del sector vivienda; dependiendo del tema también se ha involucrado a otros actores del sector energía y ambiental, así como a asociaciones e instancias internacionales de cooperación y apoyo técnico y financiero.

Tabla 3.21. NAMA de vivienda sustentable

Escenario	Penetración de la NAMA (%)	Mitigación de GEI ($MtCO_2e$)	Reducción de emisiones (%)	Reducción de GEI nuevas viviendas (%)
1: Programas actuales	7.08	0.359	0.59	2.63
2: Inicial	50.00	2.513	4.11	18.43
3: Moderado	100.00	5.027	8.21	36.85
4: Optimista	100.00	6.926	11.31	50.77

Fuente: Comisión Nacional de Vivienda, 2017 (SEDATU; CONAVI, 2018c).

Chihuahua

Proyecto de eficiencia energética a través de la sustitución de luminarias por eficientes en escuelas de educación básica en el estado, con el apoyo de empresas gaseras en coordinación con la Dirección de Energía. Etapa: concluido y en implementación.

Guanajuato

Ahorros de energía eléctrica implementados en las dependencias estatales con proyectos de mejora. Etapa: en implementación.

Morelos

Incentivo fiscal para calentamiento solar de agua (CSA). Deducibilidad de impuestos del valor de las inversiones realizadas para implementación de CSA sobre prestación de servicios de hospedaje, parques acuáticos y balnearios. Etapa: en implementación.

Yucatán

Plan de gestión de carbono para identificar y reconocer posibles acciones para reducir las emisiones de carbono en los inmuebles de la administración pública.

Tabla 3.22. Acciones de vivienda sustentable

Indicadores	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total acumulado
Reducción emisiones de GEI (directa e indirecta) tCO_2e/año	0	2,744	6,624	9,634	35,882	35,882	8,698	99,465
Reducción emisiones de GEI (directa e indirecta) tCO_2e/40 años	0	109,780	264,967	385,358	1,435,292	1,435,292	347,934	3,978,623
Número de viviendas NAMA construidas y registradas	0	3,417	8,178	14,344	54,520	54,520	13,082	148,061
Número de personas beneficiadas por las NAMA	0	13,336	31,894	56,752	215,918	215,918	38,238	572,056
Volumen de financiamiento público nacional movilizado (millones de pesos)	0	$355.18	$920.50	$1,105.83	$2,407.93	$2,407.93	$613.62	$7,810.99
Volumen de financiamiento público internacional movilizado (millones de pesos)	0	$592.01	$1,534.78	$1,449.97	$3,894.02	$3,894.02	$1,712.02	$13,076.83
Volumen de financiamiento privado movilizado (millones de pesos)	0	$342.80	$827.87	$796.78	$4,426.94	$4,689.72	$495.55	$11,316.89
Número de desarrolladores capacitados en conceptos de las NAMA y/o herramientas de simulación para la vivienda sustentable	557	30	124	373	511	410	3,665	5,670
Número de potenciales compradores sensibilizados en materia de vivienda sustentable	0	0	35,084	26,991	138,503	138,503	1,613	340,694
Número de autoridades locales sensibilizadas en temas de vivienda sustentable	5	5	3	7	20	20	25	85
Número de ecotecnologías y materiales sustentables que se han introducido en las líneas de financiamiento NAMA	0	7	15	19	36	36	12	125
Número de desarrolladores que han sido asesorados por las Instituciones de vivienda en temas de sustentabilidad para la operación de las líneas de financiamiento	10	37	45	197	331	331	258	1,209

Nota: Totales acumulados a junio de 2018, con información de CONAVI, SHF e INFONAVIT.
Fuente: (SEDATU; CONAVI, 2018a).

Sector residuos

Panorama general

El sector Residuos[20] representó 6.7% del total de emisiones nacionales de CO_2e en 2015 (INECC, 2018c), producto de las actividades agrupadas en dos grandes subsectores: residuos sólidos y aguas residuales.

El manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) en el país se basa en la disposición final de los mismos en rellenos sanitarios, sitios no controlados o tiraderos a cielo abierto, siendo incipientes aún el tratamiento biológico y el reciclaje (INECC, 2013; SEMARNAT-INECC, 2006; SEMARNAT, 2009). La mayor parte de las emisiones en el sector provienen del metano generado durante la disposición y han crecido aceleradamente, según puede verse en la **Figura 3.17**.

Entre las causas del aumento de las emisiones se pueden mencionar la tasa anual de crecimiento poblacional, el incremento del producto interno bruto (PIB), los cambios en hábitos de consumo y la falta de educación ambiental.

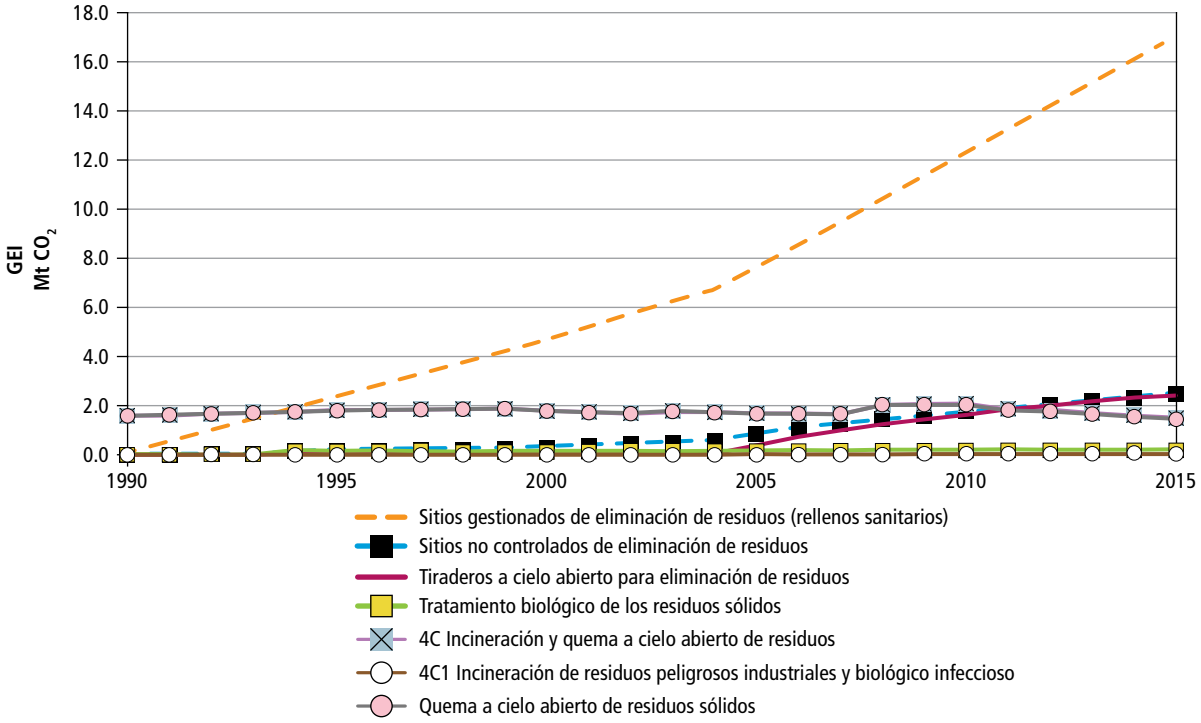
Las emisiones de GEI muestran un crecimiento proporcional al de la población (correlación entre ambas variables del 0.979) (INEGI, 2018d). De acuerdo con una encuesta del INECC a autoridades locales para la elaboración del inventario nacional, se reportan 2,637 sitios de disposición final (SDF) distribuidos según se muestra en la **Figura 3.18**, de acuerdo con la definición propia de cada entidad federativa.[21]

El manejo integral de los RSU comprende las actividades de generación, almacenamiento, transporte, transferencia, tratamiento y la disposición final. En México se han tenido avances en los últimos años; sin embargo, es necesario continuar con el

[20] El IPCC clasifica al sector residuos como [4].

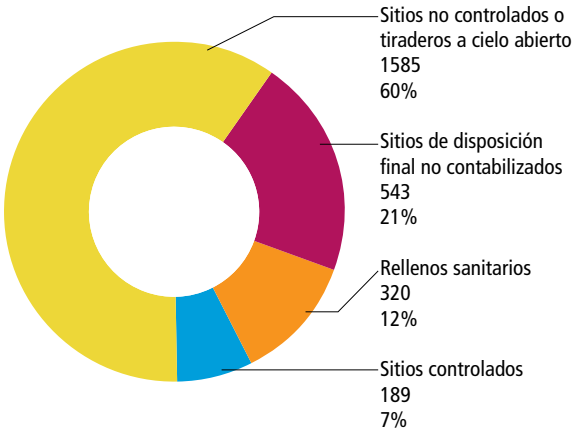
[21] Información a verificar por parte de los sitios conforme a las definiciones previstas en la normatividad mexicana en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Figura 3.17. **Emisiones de CO_2 por actividades del subsector residuos sólidos**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018e).

Figura 3.18. **Distribución porcentual por tipo de sitio de disposición final**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018e).

fortalecimiento de instrumentos legales y de capacidades técnicas, así como con el apoyo financiero para la construcción y operación de infraestructura que permitan alcanzar los objetivos planeados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) y los establecidos en el PECC.

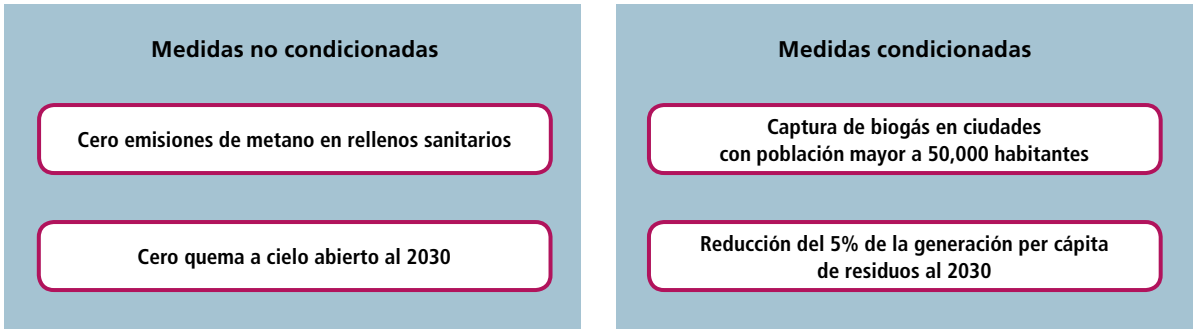
El tratamiento es la actividad del manejo integral de los RSU que presenta mayor rezago, a pesar del esfuerzo que las instituciones, empresas y organizaciones internacionales han realizado para fomentar el reciclaje, reutilización o reincorporación de los residuos a las cadenas productivas y el tratamiento de la fracción orgánica de los RSU. La gestión integral de aproximadamente 37.5 millones de toneladas anuales de RSU que se generan en México (INECC, 2013), sigue siendo un reto para los actores en los tres órdenes de gobierno (municipal, estatal y federal).

Como parte del análisis de las acciones de mitigación para el subsector de residuos sólidos en la contribución nacionalmente determinada (CND), se han identificado cuatro medidas de mitigación, de las cuales, dos son no condicionadas, mientras que las restantes son de carácter condicionado. (**Figura 3.19**).

En la *Quinta Comunicación* se mencionaron las siguientes acciones, que aún son necesarias para avanzar en la mitigación del sector:

- Impulsar la participación del sector privado en proyectos de reciclaje, separación de basura, reutilización, confinamiento de residuos y creación de centros de acopio.
- Desarrollar mecanismos y regulaciones que hagan corresponsables a las organizaciones del manejo de los residuos que generan.
- Corregir los sistemas tarifarios de los servicios de recolección y tratamiento, de forma que se incentive la reinversión en mejoras tecnológicas y logísticas, y se implementen las mejores prácticas.
- Reforzar las campañas educativas e informativas para sensibilizar a la población sobre la importancia de reducir la generación de residuos.
- Impulsar proyectos de captura y aprovechamiento de biogás producto de rellenos sanitarios y, en los rellenos sanitarios de gran capacidad, aprovechar el metano en la generación de electricidad.

Figura 3.19. **Medidas del subsector Residuos sólidos en la CND**



Fuente: Gobierno de la República, 2015.

Política de mitigación

El sector de Residuos cuenta con cuatro subsectores: 1) disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU); 2) tratamiento biológico de residuos sólidos; 3) incineración y quema de residuos a cielo abierto, y 4) tratamiento y descargas de aguas residuales. El tercero incluye la incineración de residuos peligrosos (RP; Cámara de Diputados, 2018). Se incluyen en el sector los residuos de manejo especial (RME), contemplados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), que los define como "aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos" (SEMARNAT, 2017). Los principales actores y sus competencias del sector se describen en la **Tabla 3.23**.

En abril de 2013, se publicó el *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos 2012* (INECC, 2013), herramienta necesaria para la gestión de residuos; además de servir de apoyo para que los responsables de estos temas en los gobiernos municipales, estatales, la federación y el sector privado tomen mejores decisiones, en cuanto a su manejo y en consecuencia mitigar las emisiones de GEI. Este documento se actualiza cada seis años de acuerdo con la LGPGIR. La actualización de este documento con datos de 2013 a 2018 se publicará en 2019.

En el *Diagnóstico…* se presenta el manejo de los residuos en México durante el periodo 2006-2012, en lo concerniente a los residuos sólidos, sus perspectivas futuras y el estatus de proyectos de cambio climático y residuos sólidos.[22]

El tema de cambio climático y residuos se menciona en alguna de las etapas de los programas estatales para la prevención y gestión integral de

[22] Capítulo 6.1, del *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos 2012*.

Tabla 3.23. Actores y sus principales competencias en el subsector de Residuos sólidos

Actor	Descripción	Principales competencias
Ayuntamiento, organismo público descentralizado y/o concesionaria	Es la autoridad local encargada del servicio público del manejo de residuos, mismo que puede ser brindado de forma directa con recursos económicos, materiales y humanos propios, o bien a través de un tercero, como un organismo público descentralizado y, en su caso, por medio de una empresa a la que se haya otorgado mediante contrato o concesión la prestación de dicho servicio.	Emitir los reglamentos. Manejar los residuos sólidos urbanos. Establecer y mantener actualizado el registro de los grandes generadores de RSU. Efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de RSU. Elaboración del inventario y el programa municipal de emisiones de cambio climático.
Unidad de verificación ambiental	Personas físicas o morales acreditadas que realizan la verificación de la información recopilada durante el monitoreo integrada en el reporte, como control y aseguramiento de la calidad de los datos que serán proporcionados a la autoridad ambiental correspondiente.	Verificar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM).
Autoridad ambiental estatal y/o en su caso organismo público descentralizado	Dependencias de la administración pública de orden estatal centralizadas y/o descentralizadas que entre sus funciones tienen la atención de temas medio ambientales y de sustentabilidad, en los que se aborda la gestión de residuos sólidos y, en función de sus competencias, la de residuos de manejo especial.	Recopilar la información generada en los municipios. Elaborar e integrar la información de las fuentes emisoras para su incorporación al Inventario Nacional de Emisiones. Elaborar el inventario estatal de emisiones y el programa estatal de cambio climático con sus acciones de mitigación respectivas.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Entidad pública de la administración federal que tiene la facultad de formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos, así como establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación del cambio climático.	Establecimiento de normatividad en los RSU, RME y RP. Recopilar la información generada en las entidades del país donde se implementen las medidas de mitigación.

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018d).

residuos (PEPGIR) de ocho entidades federativas: dos en los PEPGIR existentes (Chihuahua y Jalisco); cinco en el diagnóstico del PEPGIR (Chihuahua, Durango, Michoacán, Quintana Roo y Yucatán); cuatro en la definición de estrategias del documento (Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua y Jalisco), y seis como posible fuentes de financiamiento para la elaboración de los proyectos de residuos sólidos. En el capítulo 6.1. del *Diagnóstico…* también se menciona que hasta 2012 había un total de 109 proyectos correspondientes al sector de los residuos sólidos (77.30%) bajo el registro de mecanismo para el desarrollo limpio (MDL).

Legislación federal

En el periodo 2013-2017, el gobierno federal fomentó la legislación aplicable al tratamiento (Proyecto de norma PROY-NMX-AA-180-SCFI-2017) y aprovechamiento (NOM-161-SEMARNAT-2011) de los residuos, así como la actualización de la NOM-083-SEMARNAT-2003, referente a las características para la selección de sitios de disposición final. Cabe mencionar que dichas normas están enfocadas a mejorar el manejo de los residuos sólidos, lo que representaría una reducción de las emisiones asociadas al sector como se detalla a continuación:

NOM-161-SEMARNAT-2011 (SEMARNAT, 2013)
Esta norma se enfoca a maximizar el aprovechamiento y la valorización de los residuos de manejo especial: residuos de servicios de salud; residuos de servicios en los puertos, aeropuertos, centrales camioneras, estaciones de autotransporte y los del transporte público; residuos de tiendas departamentales o centros comerciales; residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general, que se generen en una obra; residuos tecnológicos de las industrias de la informática y fabricantes de productos electrónicos; lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y residuos de actividades agropecuarias, de silvicultura y forestales. Todos los que puedan recuperarse como materia prima para procesos de manufactura o aprovechamiento energético, aumentando la vida útil de los sitios de disposición final y disminuyéndose la generación de emisiones de GEI.

Proyecto de modificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2015c)
Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Este proyecto busca contribuir al cumplimiento del artículo tercero de la Ley General de Cambio Climático (sección II, inciso b) que señala que los municipios, en coordinación con las entidades federativas y demás instancias administrativas y financieras, y con el apoyo técnico de la Secretaría de Desarrollo Social, desarrollarán y construirán la infraestructura para el manejo de residuos sólidos con el objetivo de reducir la emisión de metano a la atmósfera en instalaciones que dan servicio a centros urbanos de más de 50,000 habitantes, y cuando sea factible técnica y económicamente, implementarán la tecnología necesaria para la generación de energía eléctrica a partir de las emisiones de gas metano.

Proyecto de norma mexicana PROY-NMX-AA-180-SCFI-2017 (SEMARNAT, 2018g)
Establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales. Este proyecto de norma es central en la mitigación de GEI, pues busca promover el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los RSU y RME en municipios, estados y regiones, en esquemas tanto públicos como privados. Se ocupa asimismo de prolongar el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios, disminuir el gasto público en disposición final y obtener productos finales como compostas y lombricompostas que coadyuven a la recuperación de suelos erosionados y al aumento de su fertilidad y productividad, así como a una mayor captura de carbono.

En el periodo 2013-2018, la LGPGIR fue reformada para mejorar la gestión de los residuos y mitigar de manera indirecta, GEI.[23]

[23] A la fecha se han planteado tres reformas: 21 de mayo de 2013, 19 de marzo de 2014 y 19 de enero de 2018 (Cámara de Diputados, 2018).

Legislación estatal

Las normas del subsector de residuos sólidos en estados y municipios son escasas. Durante el periodo 2013-2018, las referidas a mitigación de GEI, enfocadas a aumentar la eficiencia de los tratamientos y disminuir la cantidad de residuos que van a sitios de disposición final, son las siguientes:

Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013[24]

Establece los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se deben realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos de la entidad (Gobierno de la Ciudad de México, 2015).

Norma ambiental estatal del estado de Jalisco NAE-SEMADET-001/2016

Criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, valorización y destino de los residuos de la construcción y demolición en el estado de Jalisco (Jalisco, 2016). Esta norma busca promover el adecuado manejo y prevenir el deterioro de los ecosistemas.

Norma técnica estatal ambiental emergente del Estado de México NTEAE-001-SEMAGEM-RS-2017

Regula las actividades de tratamiento, selección y disposición de residuos provenientes de las afectaciones y la demolición de las construcciones averiadas por los sismos del 7 y 19 de septiembre de 2017, en el Estado de México (Estado de México, 2017). (Norma que evita que los residuos sólidos originados en los sismos se envíen a disposición final.)

Acciones reportadas en el PECC 2014-2018

Las acciones para este sector están incluidas en el objetivo 4: reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, propiciando cobeneficios de salud y bienestar. La estrategia 4.2 especifica:

> Reducir emisiones de metano en plantas de tratamiento de agua residual, rellenos sanitarios y en los sectores petrolero y agropecuario. [A través de la línea de acción]… promover el manejo apropiado de residuos sólidos mediante clausura de tiraderos, apoyos a construcción de rellenos sanitarios, biodigestores y organismos operadores.

Entre las metas establecidas en el PECC al 2018, en el subsector de residuos sólidos, se consideran las siguientes: 15 rellenos y 10 biodigestores.

Instrumentación futura de medidas del sector residuos en la CND

El INECC desarrolló un análisis inicial de las posibles rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente previstas y determinadas para el sector. Se construyeron varios escenarios de mitigación a partir de medidas o alternativas tecnológicas, entre las que se incluyeron las siguientes:

1. Relleno sanitario para la captura y quema de biogás, así como la consecuente generación de energía eléctrica.
2. Plantas de termovalorización.
3. Digestión anaerobia.
4. Compostaje.
5. Coprocesamiento de RSU en hornos de cemento.

El análisis de las medidas de mitigación incluye:

- Una evaluación de la factibilidad económica para la implementación de la tecnología en función de la cantidad mínima requerida de residuos sólidos para potencializar las economías de escala y aglomeración generadas en las zonas metropolitanas establecidas por el INEGI.
- El estado de avance de las tecnologías implicadas.
- La política actual del país en el subsector de residuos sólidos.
- La disponibilidad de marco normativo.

[24] Ciudad de México a partir del 5 de febrero de 2016.

En la **Tabla 3.24** y la **Figura 3.20** se presentan los potenciales de mitigación estimados para el año 2030.

El escenario denominado relleno sanitario, consiste en la construcción de tal recurso en 427 municipios con poblaciones superiores a 50,000 habitantes, en 2017. El resultado muestra un potencial de mitigación, a 2030, de 17.30 $MtCO_2e$, de las cuales 15.07 $MtCO_2e$ corresponden a la captura y quema de biogás en rellenos sanitarios, mientras que 2.23 $MtCO_2e$ estarían asociadas a la generación de energía limpia.

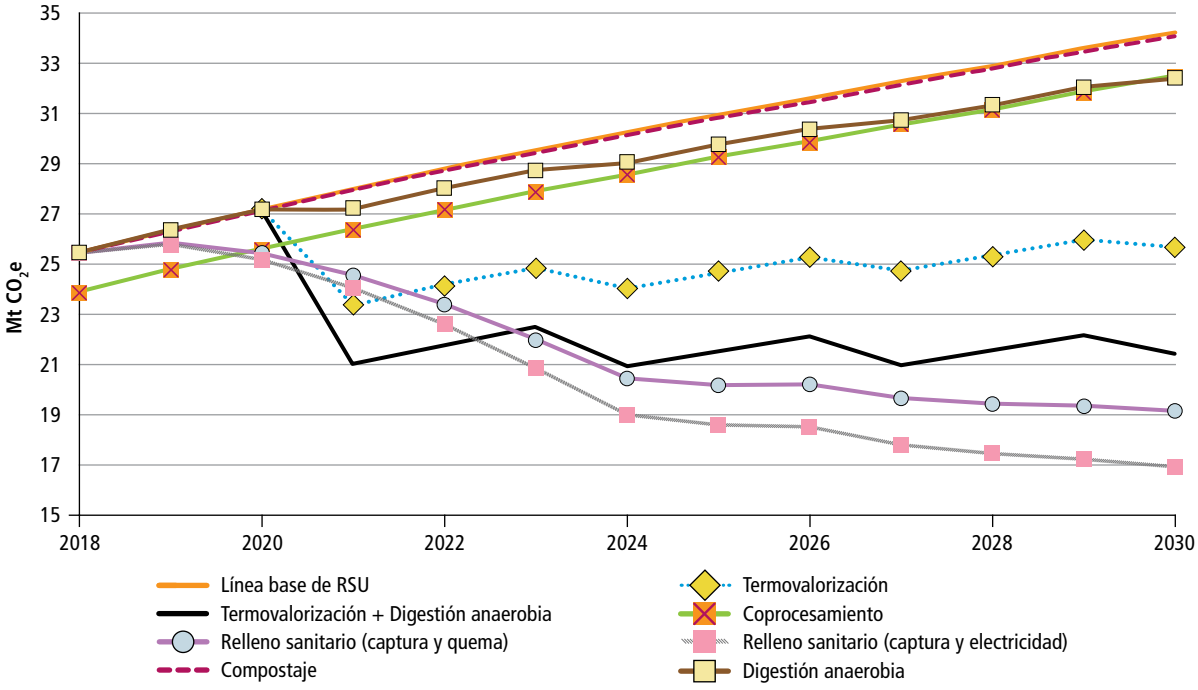
La siguiente medida propuesta implica la construcción de plantas de termovalorización para la incineración de RSU mezclados y generación de energía eléctrica asociada en 15 zonas metropolitanas de más de un millón de habitantes en México, lo que representa casi el 30% de la población nacional en 2017. Con esta medida se proyecta un potencial a 2030 de 6.27 $MtCO_2e$. Este tipo de infraestructura ambiental en el país se encuentra en proceso de instalación a corto plazo en la Ciudad de México.

Tabla 3.24. **Potencial de mitigación del subsector RSU**

Medida	Potencial de mitigación ($MtCO_2e$)
Relleno sanitario (captura y generación de energía limpia)	17.30
Termovalorización	6.27
Digestión anaerobia	1.82
Compostaje	0.16
Coprocesamiento en hornos de cemento	1.76
Mixto (termovalorización y digestión anaerobia)	12.80

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018d).

Figura 3.20. **Escenarios de mitigación de GEI analizados para el subsector RSU**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018d).

La propuesta de digestión anaerobia consiste en la construcción de infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos mezclados y generación de energía eléctrica asociada en zonas metropolitanas con una población entre 500,000 y un millón de habitantes. Se trata de 17 zonas metropolitanas y 3 municipios cuya población sumada representa 17% del total nacional en 2017. El potencial de mitigación respecto a la línea base al 2030 es de 13.75 $MtCO_2e$. Hay proyectos nacionales similares en proceso de ejecución.

La propuesta mixta consiste en la combinación de alternativas tecnológicas: plantas de termovalorización y digestión anaerobia para el tratamiento de la fracción inorgánica y orgánica, respectivamente, en 32 zonas metropolitanas que equivalen a más de 40% de la población nacional en 2017. Con la combinación de las dos medidas, el resultado obtenido muestra un potencial de mitigación a 2030 de 12.80 $MtCO_2e$.

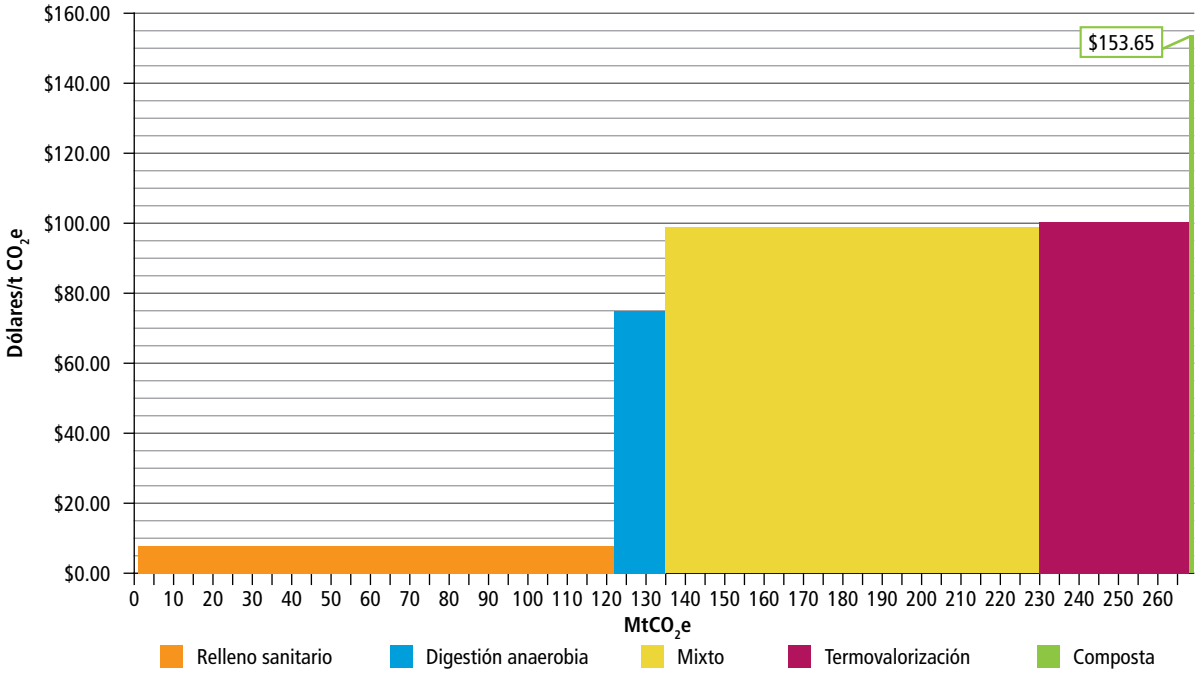
El escenario de plantas de compostaje está enfocado a 27 zonas metropolitanas con una población menor que 500,000 habitantes (6% de la población nacional en 2017), con un potencial de mitigación a 2030 de 0.16 $MtCO_2e$.

Por otra parte, se estima que, con la tecnología de coprocesamiento, las emisiones hacia 2030 por concepto de sustitución térmica, mediante la fracción inorgánica de RSU, alcanzarían 1.76 $MtCO_2e$. Esta medida se está implementando en la Ciudad de México para RSU y en Ciudad Juárez, Chihuahua, para los RME.

Como se observa en la **Figura 3.21**, los costos marginales de abatimiento señalan como primera opción la medida del relleno sanitario, seguida por digestión anaerobia, escenario mixto, termovalorización y por último la composta, con el costo más alto.

Entre los trabajos de investigación referidos a estudios de este sector, destaca el "Reporte mexicano de cambio climático", por parte del "Programa de investigación en cambio climático" (PINCC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que hace un recuento de los esfuerzos en materia de gestión de residuos en México, con base en un manejo convencional: la disposición final de los RSU. Se pone énfasis en el hecho de que la gestión de

Figura 3.21. **Curva de abatimiento para el subsector RSU**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018d).

residuos requiere nuevos enfoques para resolver el problema y debiera incluir una visión transversal y de desarrollo sostenible, mediante el establecimiento de prácticas accesibles y eficaces de gestión integral de residuos, y de esa manera promover la salud pública al reducir las emisiones de GEI y mejorar la calidad de vida (UNAM, 2015b). En el RMCC-UNAM se presentan las opciones tecnológicas para mitigar emisiones provenientes de las diferentes corrientes de residuos, incluyendo la reducción, la reutilización, el reciclaje (pre y postconsumo), el manejo del metano generado en los rellenos sanitarios, el compostaje y la digestión anaerobia.

La UNAM realizó también el "Diagnóstico y distintivo ambiental UNAM", diseñado por el programa universitario de medio ambiente (PUMA) (UNAM, 2014), enfocado a cuatro temas: eficiencia energética, uso racional del agua, consumo responsable y manejo integral de residuos. Este distintivo es aplicado en las dependencias de la APF con el fin de promover los sistemas de manejo ambiental.

De 2014 a 2017, se otorgaron distintivos a las dependencias siguientes: Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado (IIEG); Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) (UNAM, 2017); Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU); Secretaría de Educación Pública (SEP) (UNAM, 2015a); Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) (UNAM, 2016); Secretaría de Turismo (SECTUR), y Servicio de Administración Tributaria (SAT).

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), en marzo 2018, presentó el estudio de caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, con estadísticas sobre la generación de residuos orgánicos, su aprovechamiento y disposición final en rellenos sanitarios, así como los beneficios derivados de reducir la fracción orgánica en la disposición final. En el estudio se especifica que se aprovecha aproximadamente 7% de los RSU a través de actividades como el compostaje y la digestión anaeróbica (CCA, 2017). El citado estudio muestra la importancia de avanzar en México en la gestión de este tipo de residuos y, por estar estrechamente relacionados con las emisiones de metano, puede promover el compostaje.

Principales acciones de mitigación

Proyectos de gestión de residuos en los estados

De los proyectos reportados en la *Quinta Comunicación*, que incluyeron a los estados de Oaxaca, Morelos y México, únicamente el correspondiente a la Ciudad de México continúa en operación, mediante el "aprovechamiento por composta de los residuos orgánicos y de poda", para lo cual se cuenta con una planta de composta que recibe, en promedio, 1,250 toneladas/día de residuos orgánicos y de poda, con una reducción estimada de GEI de 1.8 $MtCO_2e$ (Gobierno de la Ciudad de México, 2018).

Por otra parte, hay nuevos proyectos. Por ejemplo, el aprovechamiento energético de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Xalapa, Veracruz (7 millones de dólares) a través de biodigestión. Este proyecto contribuirá a la disminución de las emisiones de GEI en el sitio de disposición final El Tronconal, a alargar la vida útil del mismo y a reducir los costos de energía del Ayuntamiento. El BID estimó un potencial de mitigación de 0.5 $MtCO_2e$ (GEF, 2016). Este proyecto se encuentra en proceso de construcción.

Aprovechamiento energético, en hornos de cemento, de residuos con alto poder calorífico como combustible alterno en la Ciudad de México. A través de la agencia de gestión urbana del gobierno local se producen pacas de residuos sólidos domiciliarios inorgánicos con alto valor calorífico. Para ello se realizan actividades de separación de los residuos, compactado, embalaje y envío a planta cementera, para ser aprovechados como combustible en lugar de enviarlos a los rellenos sanitarios, con una reducción estimada de GEI de 0.30 $MtCO_2e$ (Gobierno de la Ciudad de México, 2018).

Programa de educación ambiental en el Mercado del Trueque, CDMX. Este programa acopia residuos valorizables recuperados por sus generadores, quienes reciben a cambio productos agrícolas producidos en la Ciudad de México. De 2013 a febrero de 2018 se llevaron a cabo 62 jornadas, en las cuales se recolectaron 679 toneladas de residuos, con una asistencia de 182,955 personas. La reducción de GEI estimada por la realización de este programa es de 1,142.90 ton, equivalente a 0.001 $MtCO_2e$ (Gobierno de la Ciudad de México, 2018).

Proyectos con apoyo de la COCEF

Hay 17 proyectos que gestionan en conjunto, aproximadamente, 1,550 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos mezclados, que anteriormente se depositaban en tiraderos abiertos o clandestinos y actualmente se destinan a rellenos sanitarios. Benefician a 2.9 millones de personas. El área de oportunidad para estos proyectos sería el aprovechamiento energético de los residuos, previo a su disposición o del metano generado (COCEF, 2013).

Otros proyectos son:

- Proyecto comunitario de gestión residuos orgánicos y sólidos en Tecate, BC.
- Propuesta de rellenos sanitarios regionales por cabeceras municipales para el estado de Baja California Sur, con base en la estrategia propuesta en el PECC en materia de manejo integral de residuos (Gobierno de la República, 2014b).
- En Saltillo, Coahuila, se efectuó el proyecto de Lorean para conversión de biogás a energía en el relleno sanitario, buscando reducir la demanda de energía basada en combustibles fósiles tradicionales, para así contribuir a la disminución de las emisiones de GEI y dejar de emitir aproximadamente 0.045 $MtCO_2e$ por año. Este proyecto fue financiado por el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN).
- Programa piloto para compostaje de RSU en Tijuana (COCEF, 2015).
- Manejo integral de llantas del municipio de Juárez, para lo cual se instaló una trituradora que permite trasladar el residuo a una de las plantas cementera de la empresa Holcim de México para su aprovechamiento como fuente de energía. En el documento no se reportan las emisiones de GEI evitadas; sin embargo, de acuerdo con factores de emisión disponibles de los aproximadamente 250,000 neumáticos que son enviados por año, se estarían mitigando 5.30 $MtCO_2e$ por año.

Fortalecimiento de capacidades de gestión de residuos

Hay otras acciones de fortalecimiento de capacidades y construcción de infraestructura que inciden indirectamente en la mitigación de GEI por el sector residuos. Éstas se describen a continuación.

Desde 2013 a abril de 2018, los programas federales aplicables al subsector de residuos sólidos son el programa para la prevención y gestión integral de residuos (PPGIR) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el aprovechamiento energético de residuos urbanos en México (EnRes) de la SEMARNAT-SENER-GIZ.

El PPGIR tiene como objetivo fomentar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial (RME) en el país, a través del financiamiento de estudios o programas para la prevención y gestión integral de los residuos, así como el desarrollo de infraestructura de los sistemas de recolección, transporte y disposición final, y el aprovechamiento material o energético de residuos.

Desde 2013 hasta 2016, el PPGIR operó bajo los criterios establecidos por la SEMARNAT. En 2017 y 2018 no se destinaron recursos para dicho programa. Se cuenta con un índice de manejo integral de residuos que mide la capacidad instalada de la infraestructura para el manejo y aprovechamiento de los RSU y RME, que se refiere a la cantidad de toneladas de residuos que maneja o aprovecha la infraestructura creada (CONEVAL, 2016). A junio de 2017, el índice ascendió a 76.9%, lo que representó un incremento de 1.1% respecto a 2016 (75.8%) y refleja el aumento discreto de la capacidad de la infraestructura destinada al manejo integral de los residuos (SEMARNAT, 2017c).

El EnRes, desarrollado por SEMARNAT y SENER en el marco de cooperación internacional con Alemania, se enfocó principalmente al fortalecimiento de capacidades para el aprovechamiento del biogás generado por los residuos sólidos. Abarcó cuatro líneas de trabajo: marco regulatorio, desarrollo de instrumentos económicos, desarrollo de capacidades y sensibilización y multiplicación de tecnologías (SEMARNAT, 2014a). Como resultado de su operación se desarrollaron seis estudios enfocados a cada una de las siguientes líneas:

Desarrollo de instrumentos económicos

En esta línea de trabajo, se desarrolló el estudio "Fuentes de recursos financieros para proyectos de aprovechamiento energético de RSU y RME en México", que ha dado a conocer las fuentes de recursos financieros para proyectos de aprovechamiento energético y enuncia los programas disponibles y las recomendaciones para dar mayor impulso de financiamiento a estos proyectos (ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT, 2018b).

Marco regulatorio

Se realizó el estudio denominado "Análisis de instrumentos de política pública para estimular la valorización energética de residuos urbanos en México y propuestas para mejorarlos y ampliarlos". Los resultados están enfocados en los instrumentos de política pública fiscales, económicos y de mercado, vigentes y aplicables a la valorización energética de RSU y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en México y la revisión de instrumentos internacionales para la emisión de recomendaciones de mejora y ampliación de los instrumentos existentes en el país (ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT, 2018a).

Sensibilización y multiplicación de tecnologías

En esta línea de trabajo se desarrollaron cuatro estudios:

- Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en PTAR.
- Presenta el contexto mundial en las tecnologías implementadas, destacando la aplicación de la vía anaerobia para el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos, en particular de las aguas residuales municipales y lodos resultantes de su tratamiento (ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT, 2017).
- Directrices para el uso seguro de la tecnología del biogás.
- Describe la seguridad en las plantas de biogás y ofrece información para aquellas personas involucradas en la planificación, construcción, operación, mantenimiento y puesta a prueba de las plantas de biogás. Adicionalmente proporciona una base a responsables de la toma de decisiones políticas para desarrollar posibles marcos y normas nacionales de seguridad (GIZ, 2018).
- Plantas de incineración de residuos sólidos urbanos.
- Contiene información sobre los costos de inversión y operación, e indicadores sobre las emisiones a la atmósfera de diversos contaminantes, para que puedan utilizarse de manera comparativa frente a otras tecnologías de tratamiento y/o disposición final de RSU (EnRes, GIZ, SENER y SEMARNAT, 2018c).
- Potencial para la valorización energética de residuos urbanos en México
- Muestra la factibilidad de introducir el coprocesamiento como opción para aprovechar energéticamente los RSU y los lodos de PTAR. Enuncia los beneficios ambientales y económicos asociados a esta práctica, así como los desafíos legales y de política pública (EnRes, GIZ, SENER y SEMARNAT, 2016).

Desarrollo de capacidades

Se desarrolló (2015) el foro internacional Valorización Energética de Residuos Urbanos, con 26 ponencias de técnicos, legales, financieros y presentación de casos de éxito (ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT, 2015).

Barreras del subsector RSU

El subsector de residuos sólidos urbanos es uno de las que presentan mayores áreas de oportunidad en diversos aspectos, entre los que se mencionan a continuación.

Aspectos financieros

- La mayoría de los municipios carecen de un sistema de cobro por la prestación del manejo de los residuos sólidos, por lo que algunos enfrentan una insuficiencia presupuestaria.
- El nivel de endeudamiento de algunos ayuntamientos ocasiona que éstos tengan una baja calificación crediticia, haciendo inviable el financiamiento para proyectos.

- Es necesario fomentar incentivos orientados a la promoción de proyectos que permitan la mitigación de GEI en el manejo de los residuos sólidos.

Aspectos legales

- Normatividad ambiental insuficiente en el ámbito municipal.
- Los tiempos para la implementación de proyectos superan los plazos de las administraciones municipales.
- Hay vacíos legales para la separación de residuos sólidos, los cuales impiden la comercialización de algunos subproductos provenientes de la valorización de RSU.

Aspectos sociales

- Deficiencias en el sistema de recolección, habitualmente mixto, que desincentiva la separación por parte de la población.
- Oposición social al desarrollo de infraestructura para el manejo de residuos sólidos cercana a las comunidades.

Aspectos técnicos

- Carencia de metodologías estandarizadas para determinar las características particulares: generación per cápita, composición y peso volumétrico.
- Capacidad técnica limitada del personal en el ámbito estatal y municipal asociado al tema de manejo integral de residuos sólidos.

Otras consideraciones

De acuerdo con el diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos (2012), 83.93% de los RSU generados son recolectados, y sólo 9.11% de ellos en forma clasificada, actividad primordial para el establecimiento de tecnologías en el tratamiento de RSU.

En búsqueda del cumplimiento de las metas establecidas para la reducción de emisiones de GEI, es indispensable continuar con los esfuerzos de los actores involucrados en la gestión de RSU, alcanzar la máxima cobertura de recolección y, en consecuencia, evitar la quema a cielo abierto. Es asimismo necesario buscar el máximo aprovechamiento de los RSU y reducir el envío a los SDF.

En lo que se refiere a los SDF existentes, debe valorarse la factibilidad del aprovechamiento del biogás de los 427 municipios mayores a 50,000 habitantes, los cuales concentran 65% de la población nacional.

Un insumo indispensable para lograr la gestión integral de los RSU es contar con información suficiente, accesible y confiable que refleje la situación actual.

Tratamiento y eliminación de aguas residuales

Panorama general

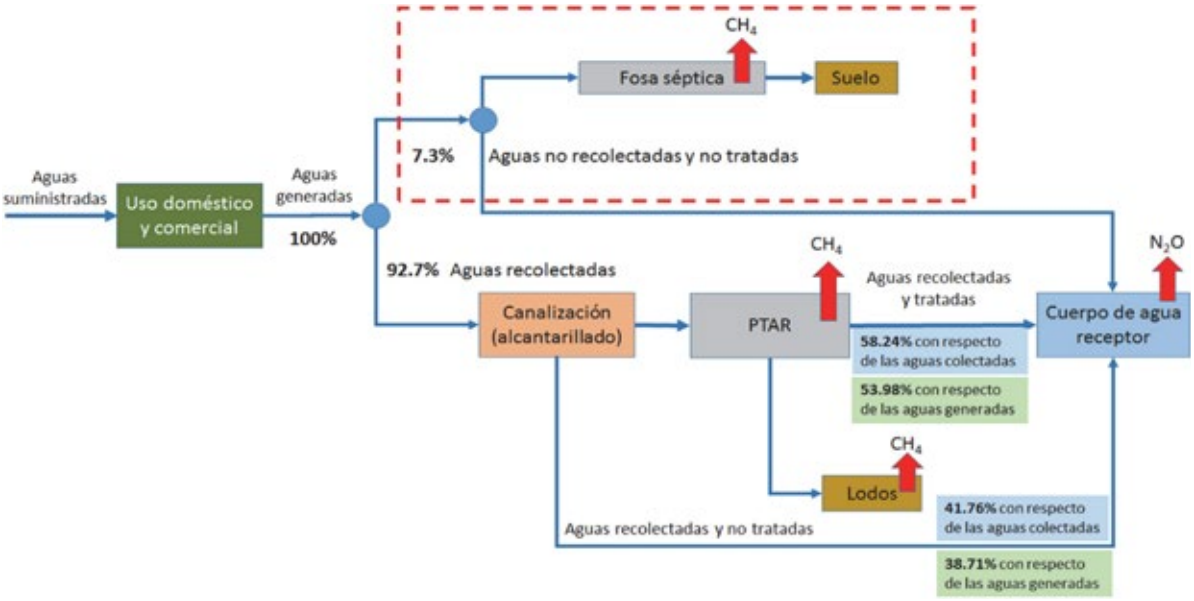
La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015), en su objetivo 6, y la Agenda del Agua 2030 de México (CONAGUA, 2011), en sus iniciativas 7 a 13, se vinculan con el tratamiento de aguas residuales y proveen el marco necesario para trabajar, en el mediano plazo, en la solución del reto que representa el servicio de alcantarillado y saneamiento para la población.

En México hay grandes retos en lo que se refiere a la recolección y tratamiento de aguas residuales. Actualmente, en el país, aproximadamente 4.6 de cada 10 litros de aguas residuales que se generan, no se tratan. En la **Figura 3.22** se puede observar el flujo, por tipo de caudal, de las aguas residuales que se generan después del uso doméstico o comercial, e ilustra (flechas rojas) las etapas donde se generan emisiones de GEI.

A partir de la situación de las emisiones descrita en la *Quinta Comunicación Nacional*, el comportamiento de las emisiones provenientes del tratamiento y eliminación de aguas residuales ha sufrido los cambios que se describen en este apartado.

De acuerdo con las cifras del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto

Figura 3.22. **Tipos de caudales de aguas residuales y su destino**



Fuente: INECC con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Invernadero (INEGYCEI) en 2015, las emisiones totales de las aguas residuales, incluyendo las aguas residuales municipales (ARM) y las aguas residuales industriales (ARI) alcanzaron 22.30 $MtCO_2e$.

En el periodo 2012-2016, las emisiones totales de aguas residuales se estabilizaron alrededor de 22.10 $MtCO_2e$, después de dos periodos de crecimiento acentuado de las emisiones (el periodo 1990 a 1998 y el periodo de 2004 a 2012), determinado principalmente por el crecimiento de las emisiones de las ARI. **Figura 3.23**.

A partir de los datos del INEGYCEI se puede señalar que las AR representan 4.17% del total de las emisiones netas del país. Del total de emisiones de AR, 25.1% de las emisiones corresponden a las ARM y 74.9% a las ARI. Es de señalarse que el tratamiento de aguas residuales representa 48.6% de las emisiones totales del sector Residuos. A este porcentaje, las ARI contribuyeron con 36.4% y las ARM con 12.2 por ciento.

Por tipo de GEI, las de metano, contribuyen, en promedio, con 91.6% de las emisiones, mientras que el restante 8.4% corresponde al óxido nitroso (N_2O). En el inventario 2015 se cuantificaron las emisiones de aguas residuales colectadas, lo cual corresponde a 92.7% del total de aguas residuales generadas. Para el restante 7.3% la cuantificación de emisiones está en proceso.

Como se puede observar en la **Figura 3.23**, desde la *Quinta Comunicación Nacional* en 2012 ha cambiado el comportamiento en las emisiones provenientes del tratamiento y eliminación de aguas residuales. Las emisiones totales del tratamiento de aguas residuales tienen una tasa media anual de decrecimiento de 0.08 por ciento. El nivel de las emisiones se ha estabilizado: se desacoplan paulatinamente del crecimiento poblacional, ya que decrecen ligeramente en comparación con la tasa de crecimiento anual media de 1.11% de la población y de la tasa de crecimiento anual media 2.54% del Producto Interno Bruto (PIB) del país para el periodo entre 2012 y 2016.

El comportamiento de las emisiones y de las tasas de crecimiento anual medias (TCMA) de las aguas residuales totales –suma de las ARM y las ARI– para los periodos 1990-2011 y 2012-2016, se muestra en la **Tabla 3.25**.

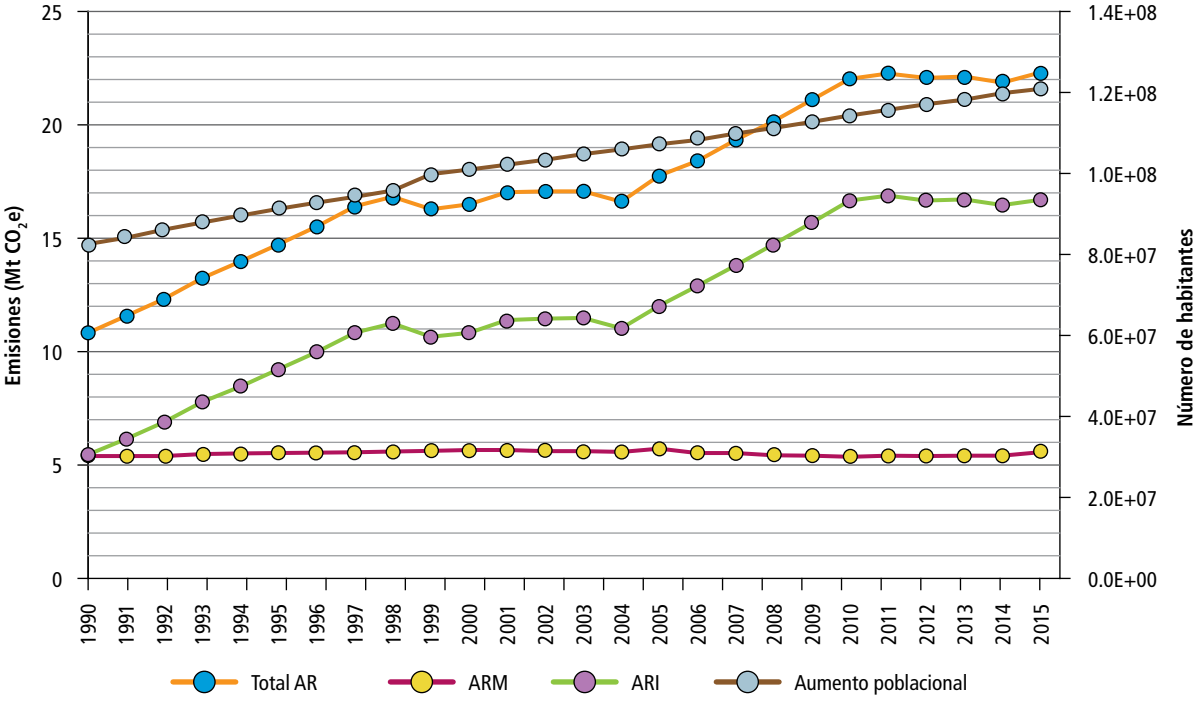
La comparación entre las tasas, los promedios de emisiones y el PIB, variables que influyen en la generación de emisiones de las aguas residuales, muestra una gran diferencia entre el periodo 2012-2016 y el previo.

En la CND se considera el tratamiento de aguas residuales como medida no condicionada, señalándose como "aumento de la eficiencia y el aprovechamiento de metano en plantas de tratamiento de aguas municipales" (INECC, 2018). A este respecto, se recogen algunas premisas y metas para esta actividad; entre ellas:

- "Todas las entidades del país tendrán al menos un 85% de cobertura de alcantarillado al 2020 y 100% al 2030".
- "Al 2020, las entidades de Aguascalientes, Nuevo León y Nayarit cubrirán el 100% de cobertura de tratamiento".
- "Las PTAR equipadas con sistemas de lodos activados y cuyo caudal sea igual o mayor que 500 l/s, recuperarán 60% del biogás que producen al 2020 y 85% al 2030".

Al respecto de estas metas y con base en los datos publicados en 2017 (CONAGUA, 2017b), en 2015 solamente dos entidades federativas (Veracruz y

Figura 3.23. **Emisiones por aguas residuales de 1990 a 2015**



Fuente: INECC, 2018 (INECC-PNUD, 2018a) y Consejo Nacional de Población, 2018 (CONAPO, 2018).

Tabla 3.25. **Tasa de crecimiento media anual y promedio de emisiones**

Tipo de aguas residuales	TCMA 1990 a 2011	Promedio de emisiones ($MtCO_2e$)	TCMA 2012-2016	Promedio de emisiones ($MtCO_2e$)
ARM	0.03%	5.521	0.29%	5.447
ARI	5.63%	11.161	-0.20%	16.649
Total	3.53%	16.682	-0.08%	22.096

Fuente: Datos 1990-2015 del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC-PNUD, 2018a).

Figura 3.24. PTAR con recuperación de biogás en Agua Prieta, Jalisco

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017a).

Chiapas) no tenían aún el 85% de cobertura de alcantarillado. En diciembre 2012, había seis entidades que aún no alcanzaban ese porcentaje de cobertura: Veracruz (84%), Chiapas (81.7%), San Luis Potosí (81.3%), Yucatán (79.7%) y Oaxaca (71.4%).

En 2016, los estados de Aguascalientes, Nuevo León y Nayarit tenían los siguientes porcentajes de cobertura de alcantarillado: 98.5%, 97.6% y 93.4%, respectivamente y, en el mismo orden, un porcentaje de cobertura de tratamiento de 62.3%, 96.1% y 94.7 por ciento.

Adicionalmente, de acuerdo con el listado de PTAR del IMTA que incluye todas las plantas de más de 200 l/s (IMTA y SENER, 2016), hay 45 PTAR (contando las de Atotonilco, en el Estado de México, y la Purísima, en Guanajuato) que tienen un caudal mayor a 500 l/s y generan lodos de tratamiento, de las cuales nueve cuentan con recuperación de biogás, por lo que se tiene un avance de 20 por ciento.

Política de mitigación

México tiene una planeación y regulaciones para el servicio de tratamiento de aguas residuales basado en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el que se señala que los municipios tienen a su cargo los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales.

Por su parte, el gobierno federal, a través de la CONAGUA, proporciona asistencia técnica y transfiere recursos presupuestales como contraparte de las inversiones realizadas por los estados y municipios y, en su caso, a los prestadores del servicio, con el objetivo de construir nueva infraestructura de tratamiento, ampliar y rehabilitar la existente, o apoyar la operación y el mejoramiento de eficiencia del servicio de tratamiento de aguas residuales para que produzcan efluentes que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad aplicable (CONAGUA, 2017b).

Las actividades en este sector a cargo de CONAGUA son planificadas a través de los distintos instrumentos que se elaboran al principio de cada administración y en consideración de las disposiciones de la Ley Nacional de Aguas (Cámara de Diputados, 2016) y su Reglamento (Cámara de Diputados, 2014d). Asimismo, la institución cuenta con el documento "Agenda del Agua 2030", el cual describe las brechas e iniciativas a mediano plazo en el sector de aguas residuales (CONAGUA, 2011). Las más relevantes para el tratamiento de aguas residuales son:

> Para el año 2030, se requerirá infraestructura para dar tratamiento a 7.157 miles de millones de metros cúbicos, lo que significa cubrir una brecha de 4.3 miles de millones de metros cúbicos. Esta brecha de tratamiento estará integrada principalmente por insuficiencia de capacidad instalada para el tratamiento de aguas residuales, capacidad instalada sin operar por falta de red de alcantarillado y agua residual tratada de manera ineficiente. Las cuencas con mayores retos en este rubro son Lerma, Valle de México, Tula, Balsas, Bajo Papaloapan, Río Bravo y Península de Yucatán.
>
> Asimismo, al año 2030 se estima que la actividad industrial generará un volumen de agua residual cercano a 2.1 miles de millones de metros cúbicos. La brecha de tratamiento será del orden de 1.8 miles de millones de metros cúbicos. Para lograr el tratamiento a un nivel de calidad conforme a las normas y condiciones particulares de descarga de todas las aguas residuales de origen

municipal e industrial, se requieren inversiones del orden de los $114,000 millones de pesos.

El reto para lograr la cobertura universal en alcantarillado es de 40.5 millones de habitantes.

Las iniciativas de mayor influencia sobre el tratamiento de aguas residuales son:

Iniciativa 12. Fomentar que la definición de tarifas de agua siga criterios técnicos y se desvincule de los aspectos políticos.

Iniciativa 13. Fortalecer las capacidades y las atribuciones de la CONAGUA y de las Comisiones Estatales del Agua para fomentar, supervisar y regular los servicios de agua y saneamiento.

Iniciativa 29. Establecer un sistema claro y transparente de precios y tarifas de agua en bloque que considere costos y externalidades.

Iniciativa 32. Modificar las leyes estatales y sus reglamentos para que regulen la inversión público-privada en la infraestructura hídrica.

La Comisión Nacional del Agua actúa en el tratamiento de aguas residuales como la entidad que regula y ejecuta el presupuesto federal (proporcionado por el Congreso) y, junto con las comisiones estatales de agua y saneamiento y los organismos operadores locales, participa en la planeación de la construcción de infraestructura y en la posterior operación de ésta.

Además de los tres órdenes de gobierno, los organismos operadores de aguas locales son actores importantes, ya que a través de ellos se realiza la operación de la infraestructura de drenaje, de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales, el registro de información y las acciones de mejora operativa. Participan también instituciones como SEDESOL, CDI y BANOBRAS que administran programas de apoyo al sector hídrico.

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, en la estrategia 4.4.2 del objetivo 4.4, capítulo IV, "México Próspero", se encuentra la base para la planeación y ejecución de los distintos programas en materia de agua: "Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso" y, en particular, que se debe "incrementar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento".

A partir de ello, en el sector agua se elaboró, como instrumento rector de actividades, el Plan Nacional Hídrico (PNH) 2013 a 2018 (CONAGUA, 2014) ejecutado por la CONAGUA. El plan retoma iniciativas de la Agenda del Agua 2030 en alineación con el PND; por ejemplo, en el objetivo 3 del PNH que refleja la Iniciativa 13 de la agenda. En el documento del PNH se consideran, en materia de alcantarillado y saneamiento, estrategias, líneas de acciones y metas. La más importante de ellas para el tratamiento y eliminación de aguas residuales es la estrategia 3.3, que señala: "Sanear las aguas residuales municipales e industriales con un enfoque integral de cuenca hidrológica y acuífero a través de mejorar el funcionamiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales y construir nueva infraestructura de tratamiento de aguas residuales y colectores e impulsar el saneamiento".

La institución cuenta con programas presupuestales que, en el periodo 2012-2016, destinó a la construcción de la infraestructura para la recolección y tratamiento de aguas residuales, como, por ejemplo: "Programa de agua potable, drenaje y trata-

Figura 3.25. PTAR de lodos activados y recuperación de biogás en Hermosillo, Sonora

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

miento" (CONAGUA, 2018a), "Programa federal de saneamiento de aguas residuales" (CONAGUA, 2017b) o el "Programa de sustentabilidad hídrica de la cuenca del Valle de México" (CONAGUA, 2017b). Y cuenta con otros programas para el desarrollo de los organismos operadores, como son: "Programa para el desarrollo integral de organismos operadores de agua y saneamiento" (CONAGUA, 2018b), "Programa para la modernización de organismos operadores de agua" (FONADIN, 2016) y "Programa de devolución de derechos" (CONAGUA, 2016).

En materia normativa, la CONAGUA, con base en las competencias que le otorga su reglamento interior, publicó, en el periodo 2013-2016, el Proyecto de modificación de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para quedar como PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017 (CONAGUA, 2018c), que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores (ríos, lagunas, el mar).

Este proyecto contempla límites máximos permisibles más estrictos que la versión de 1996 para la demanda química de oxígeno (DBO) y para el nitrógeno. Los límites más estrictos para descarga a cuerpos de agua para estos parámetros (DBO y nitrógeno) contribuirán a que se descarguen caudales de agua con menos contaminantes y se generen menores emisiones de CH_4 y N_2O.

Investigación sobre el potencial de acciones de mitigación de GEI asociado al tratamiento de aguas residuales

A través de la formación de un grupo interinstitucional de trabajo coordinado por el INECC, con participación de instituciones de gobierno (CONAGUA, SEMARNAT), instituciones de investigación (IMTA y el Instituto de Ingeniería de la UNAM) y de la Asociación de Organismos Operadores, se han realizado esfuerzos para generar la ruta tecnológica de mitigación para cumplir con la CND. A través de este grupo de trabajo se identificaron cuatro medidas de mitigación para el subsector de tratamiento y eliminación de aguas residuales (**Tabla 3.26**).

Potenciales de mitigación BAU

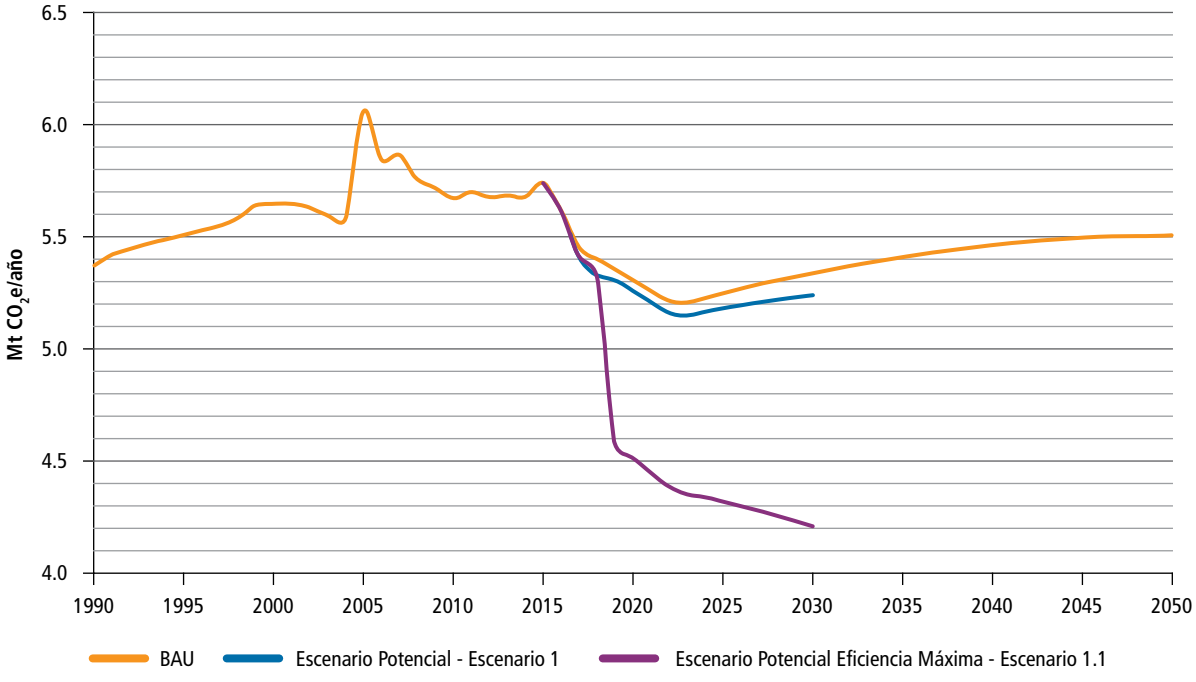
El potencial de mitigación respecto al BAU de estas medidas se encuentra señalado en las **Figuras 3.26** a la **3.31**.

Tabla 3.26. **Medidas de mitigación identificadas para las cnd en el subsector de aguas residuales**

Núm.	Denominación de la medida de mitigación	Contribución a la reducción de emisiones
M1	El incremento de la cobertura en el tratamiento de aguas residuales municipales.	Implica reducción de emisiones debido al aumento de cobertura en el tratamiento aeróbico de aguas residuales municipales que actualmente no están siendo tratadas aunque se estén colectando.
M2	Sustitución, con base en el caudal de ARM captadas, de sistemas anaerobios por sistemas aerobios.	Implica reducción de emisiones debido al aumento del porcentaje de tratamientos aeróbicos en áreas o regiones donde actualmente se utilizan fosas sépticas que generan CH_4.
M3	Captura y aprovechamiento de biogás generado en PTAR.	Implica reducciones de emisiones de CH_4. Estas reducciones se logran, por una parte, al evitar que los lodos de las PTAR se depositen en rellenos sanitarios, y por otra, mediante el tratamiento que genera biogás, mismo que puede aplicarse en la generación de energía. En ambos casos se evita que el metano se escape a la atmósfera. La contabilidad de esta mitigación se realiza en el sector "residuos sólidos" por no depositar esos lodos en los rellenos sanitarios, y en el sector Energía, por la utilización del biogás para la generación de energía eléctrica para autoconsumo en la PTAR.
M4	El incremento de la cobertura en el tratamiento de aguas residuales industriales.	Implica reducción de emisiones debido al aumento de cobertura en el tratamiento de aguas residuales industriales que actualmente no están siendo tratadas (que se descargan a cauces sin tratar o se descargan sin tratar al alcantarillado municipal).

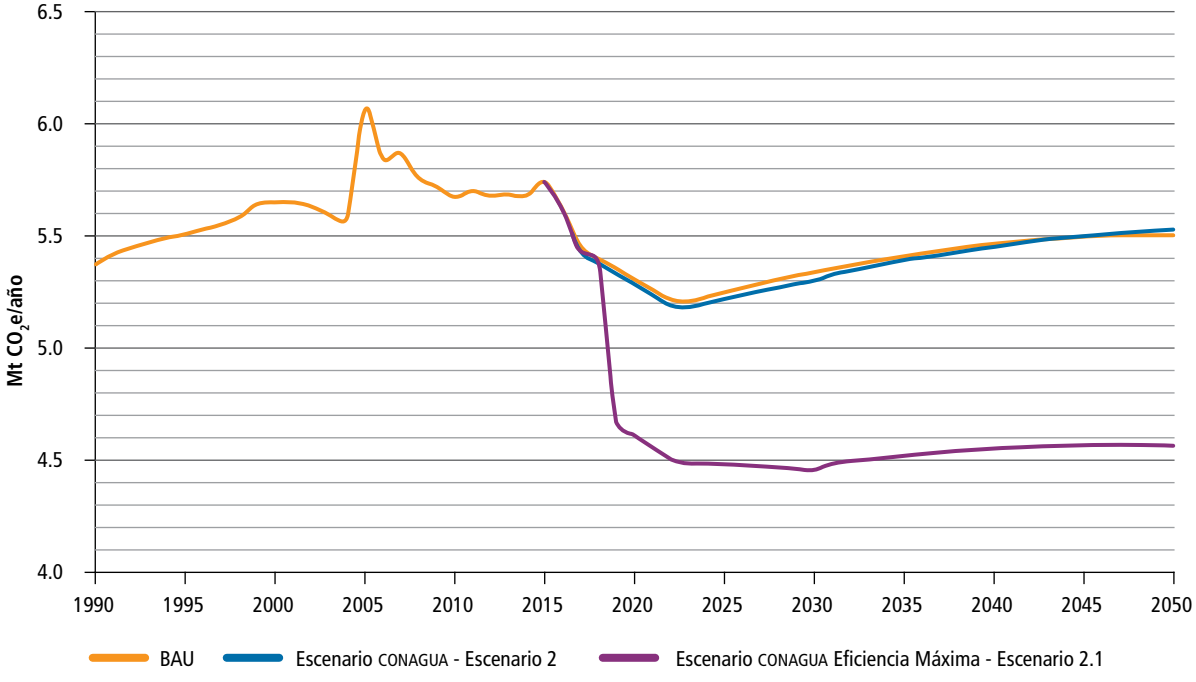
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b)

Figura 3.26. **Comparación BAU con las emisiones de la medida de mitigación M1**



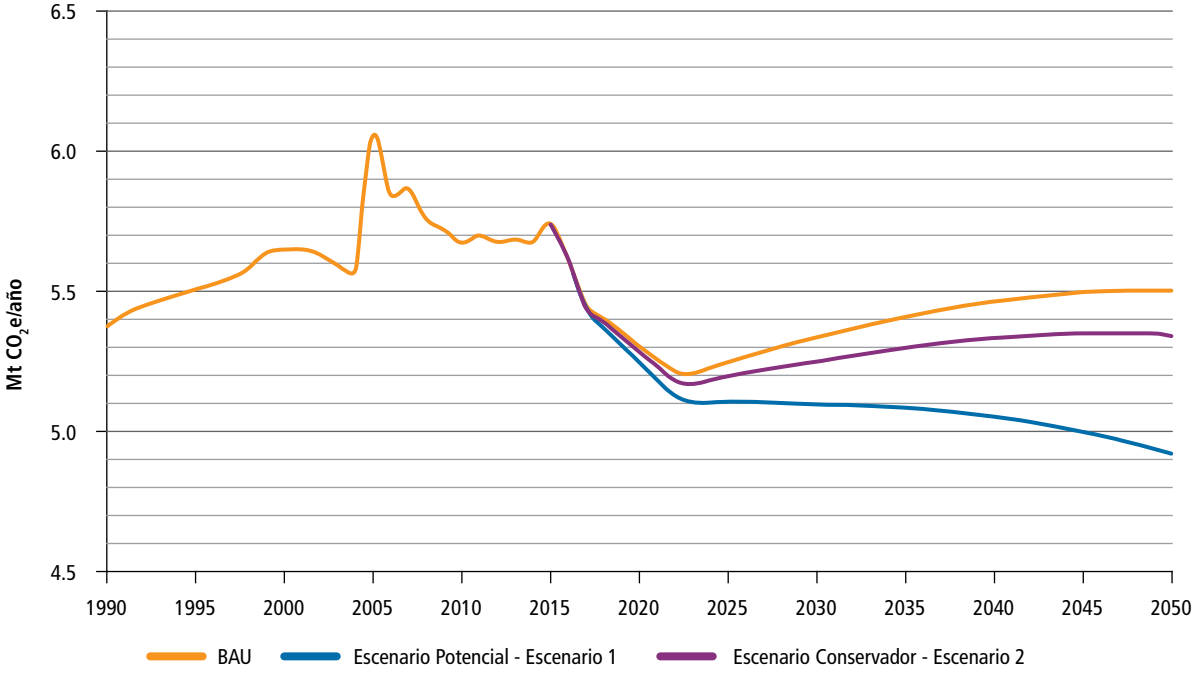
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Figura 3.27. **Comparación BAU con las emisiones de la medida de mitigación M1**



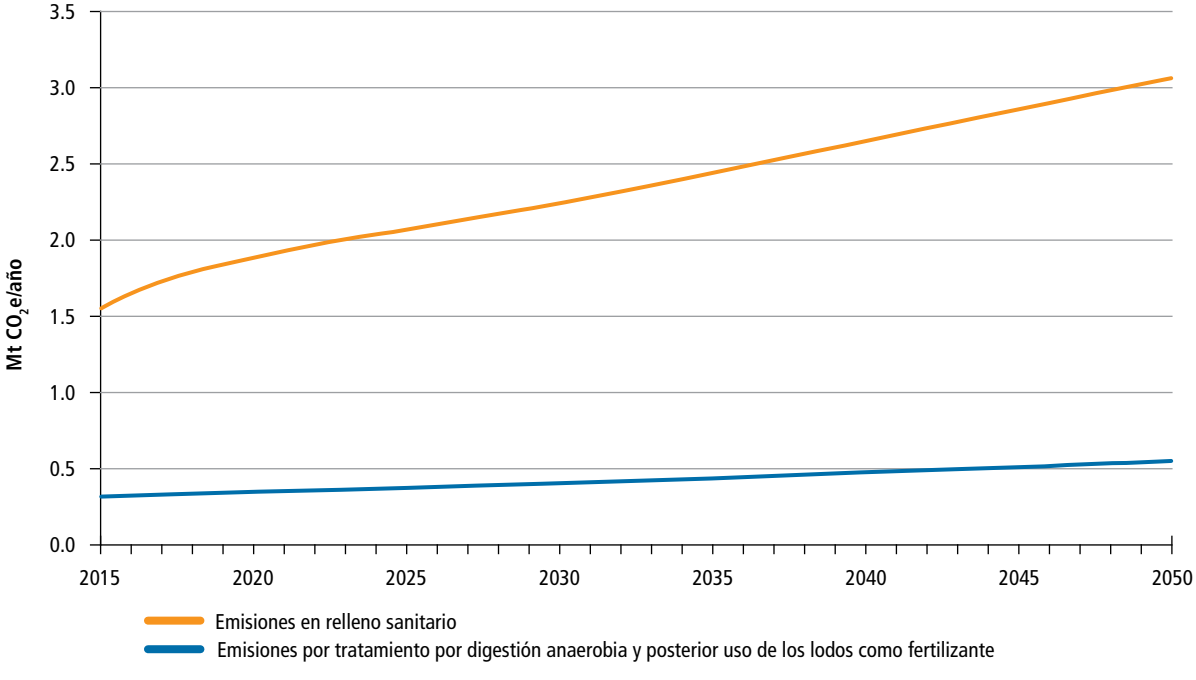
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Figura 3.28. **Comparación BAU con las emisiones de la medida de mitigación M2**



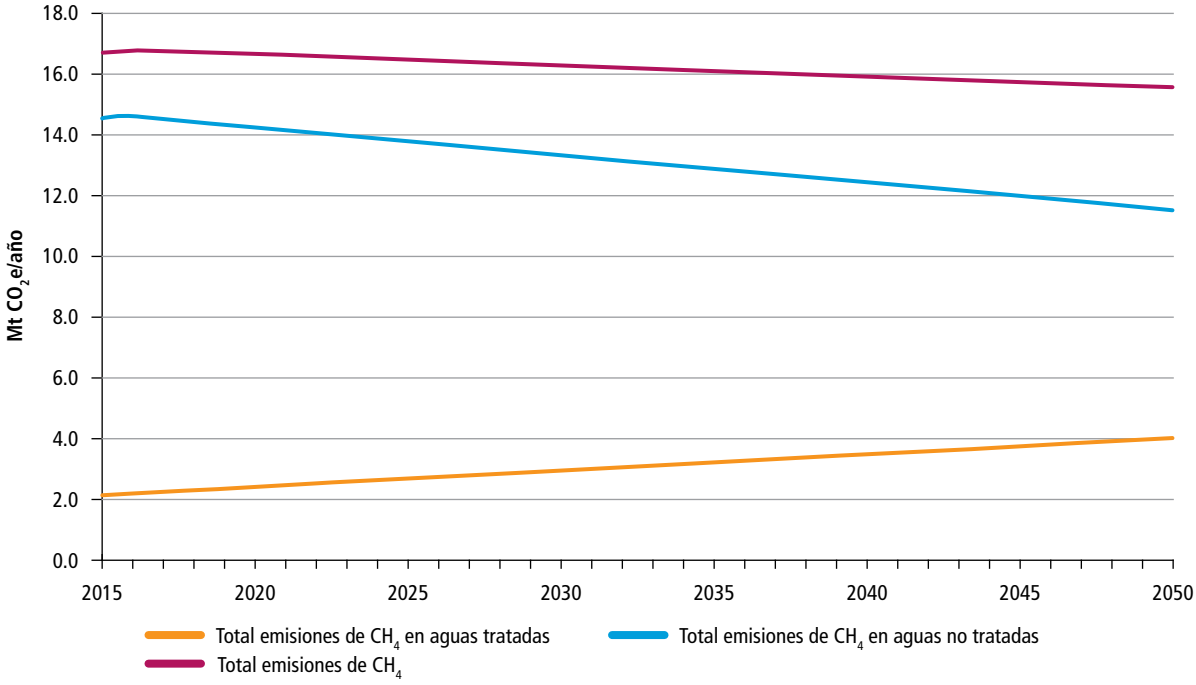
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Figura 3.29. **Potencial de mitigación de la medida M3**



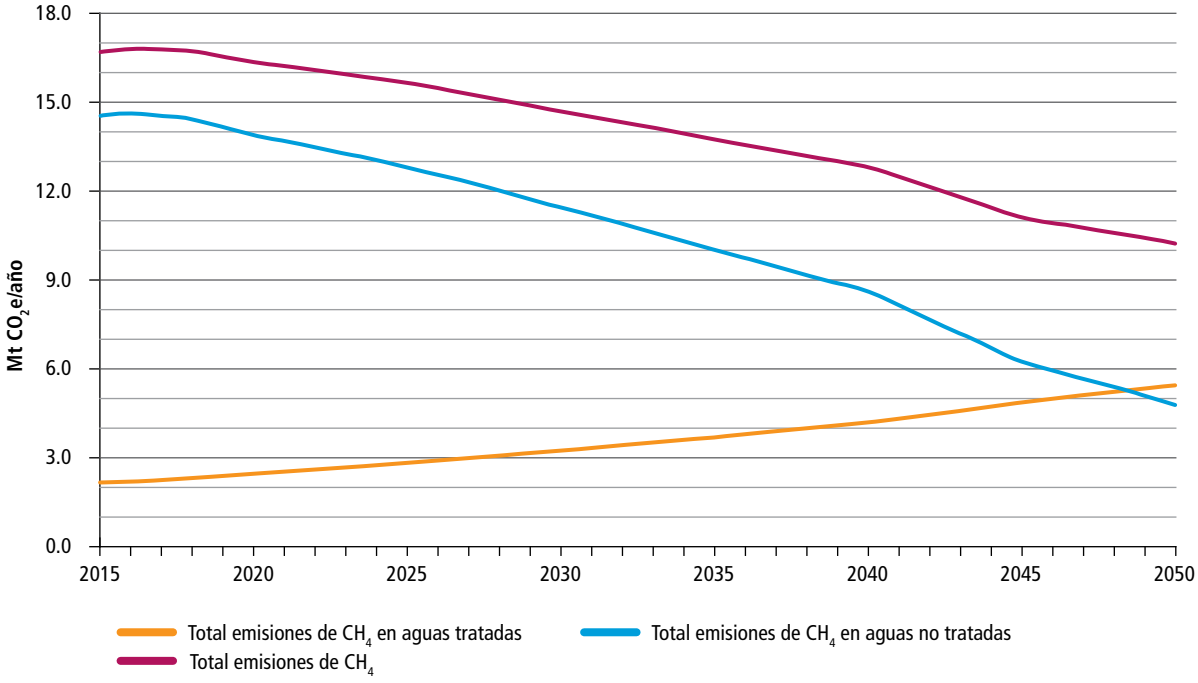
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Figura 3.30. **Emisiones en el escenario BAU de las ARI (tratadas, no tratadas y totales)**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Figura 3.31. **Emisiones en el escenario de aplicación de la medida de mitigación M4**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Potencial de mitigación de cada medida

Tabla 3.27. Potencial de mitigación

Medida	Parámetro	2020	2030	2040	2050
M1	Reducción de emisiones del escenario potencial respecto al BAU	1.60%	6.76%	-	-
	Reducción de emisiones del escenario potencial de eficiencia máxima respecto al BAU	10.47%	15.30%	-	-
	Reducción de emisiones del escenario CONAGUA respecto al BAU	0.25%	2.11%	0.53%	-1.85%
	Reducción de emisiones del escenario CONAGUA de eficiencia máxima respecto al BAU	8.90%	10.86%	9.28%	7.09%
M2	Reducción de emisiones del escenario potencial respecto al BAU 0.92%		6.91%	9.97%	13.12%
	Reducción de emisiones del escenario conservador respecto al BAU	0.45%	3.51%	3.28%	2.51%
M3	Reducción de emisiones por el tratamiento y reutilización de los lodos en PTAR frente a su disposición en relleno sanitario	81.63%	81.91%	82.12%	81.94%
M4	Reducción de emisiones de M4 respecto al BAU de ARI	1.85%	9.78%	19.56%	34.20%
	Línea base (BAU) del sector de las aguas residuales ($MtCO_2e$/año)	22.121	21.953	21. 714	21.621

La Tabla 3.27 muestra que elevar la eficiencia de las PTAR tiene un efecto positivo en la mitigación de emisiones.
Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Tabla 3.28. Reducción de las emisiones de GEI derivadas de la implementación de cada una de las medidas de mitigación propuestas en el subsector de aguas residuales

Medida	Sector en el que computa	2018	2020	2025	2030
		Emisiones ($MtCO_2e$/año)			
M1: Incremento de la cobertura en el tratamiento de aguas residuales municipales (Escenario potencial)	Sector Residuos, subsector de tratamiento y descargas de aguas residuales	0.064	0.013	0.062	0.107
M2: Sustitución, con base en el caudal de ARM captadas, de sistemas anaerobios por sistemas aerobios (Escenario conservador)	Sector Residuos, subsector de tratamiento y descargas de aguas residuales	0.064	0.047	0.189	0.349
M4: Incremento de la cobertura en el tratamiento de aguas residuales industriales.	Sector Residuos, subsector de tratamiento y descargas de aguas residuales	0.000	0.308	0.805	1.593
Total reducciones	Sector Residuos, subsector de tratamiento y descargas de aguas residuales	0.128	0.368	1.057	2.048
M3: Captura y aprovechamiento de biogás generado en PTAR	Sectores Energía y Residuos	1.4563	1.541	1.695	1.836

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

Inversiones en infraestructura para alcantarillado y saneamiento

Los esfuerzos e inversiones realizadas en el sector de las AR han mantenido constantes las emisiones de aguas residuales municipales a pesar del crecimiento poblacional (**Figura 3.32**). El comportamiento diferenciado de las emisiones de ARM y ARI muestra que los esfuerzos en el futuro se deben realizar en las emisiones de las "ARI no tratadas", que son las que contribuyeron de forma decisiva a elevar el nivel de emisiones de aguas residuales.

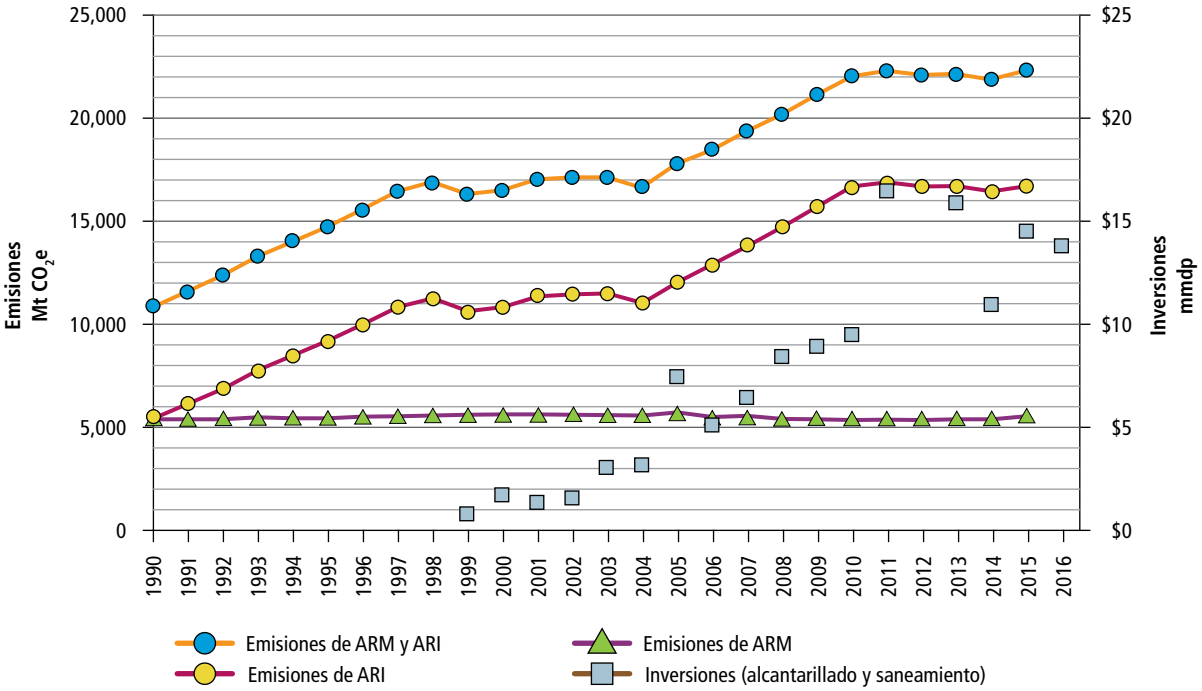
Los datos disponibles (CONAGUA, 2017b) para la inversión en el sector del agua muestran la manera como el porcentaje de participación de los recursos federales aumentó entre 2002 y 2016, al pasar de 22% a 67%, respecto del total de los recursos invertidos en el sector agua. (**Figuras 3.33** y **3.34**.)

El comportamiento antes descrito de las ARM se debe al crecimiento sostenido de inversiones en alcantarillado y saneamiento para este tipo de aguas residuales. En el periodo 2012-2016, las inversiones totales (federales, estatales, municipales y de otras fuentes) en el subsector tratamiento de aguas residuales, se estabilizaron a un nivel promedio de 1,844 millones de dólares. Las inversiones totales por nivel de gobierno y por actividad se muestran en las **Figuras 3.33** a la **3.36**.

El crecimiento en la inversión del gobierno federal en alcantarillado y saneamiento respecto de las inversiones totales en el sector agua fue del orden de 49% en el periodo 2013-2016 y de 46% en el periodo 2002-2012, lo que denota que las inversiones revirtieron la tendencia de las emisiones de las ARM, que ahora están en un nivel menor; es decir, hubo una mitigación.

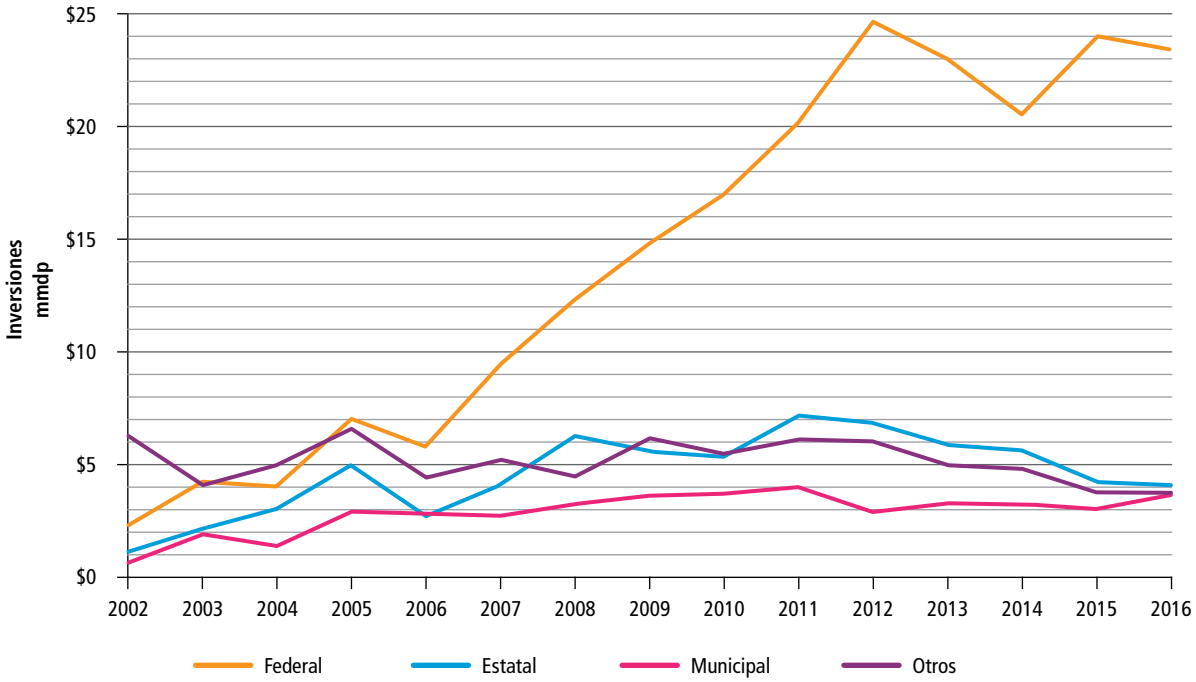
En el periodo 2012-2016, el promedio de inversiones en alcantarillado y saneamiento fue de 759 millones de dólares, suma que contrasta con el promedio del periodo 1999-2011, que fue 286 millones de dólares. A partir de 1999 y hasta 2012, las inversiones en alcantarillado y saneamiento aumentaron constantemente para pasar de 38 millones de dólares a 101 millones de dólares cuando alcanzaron un máximo (debido a las inversiones en

Figura 3.32. **Emisiones de ARM, ARI e inversiones en alcantarillado y saneamiento**



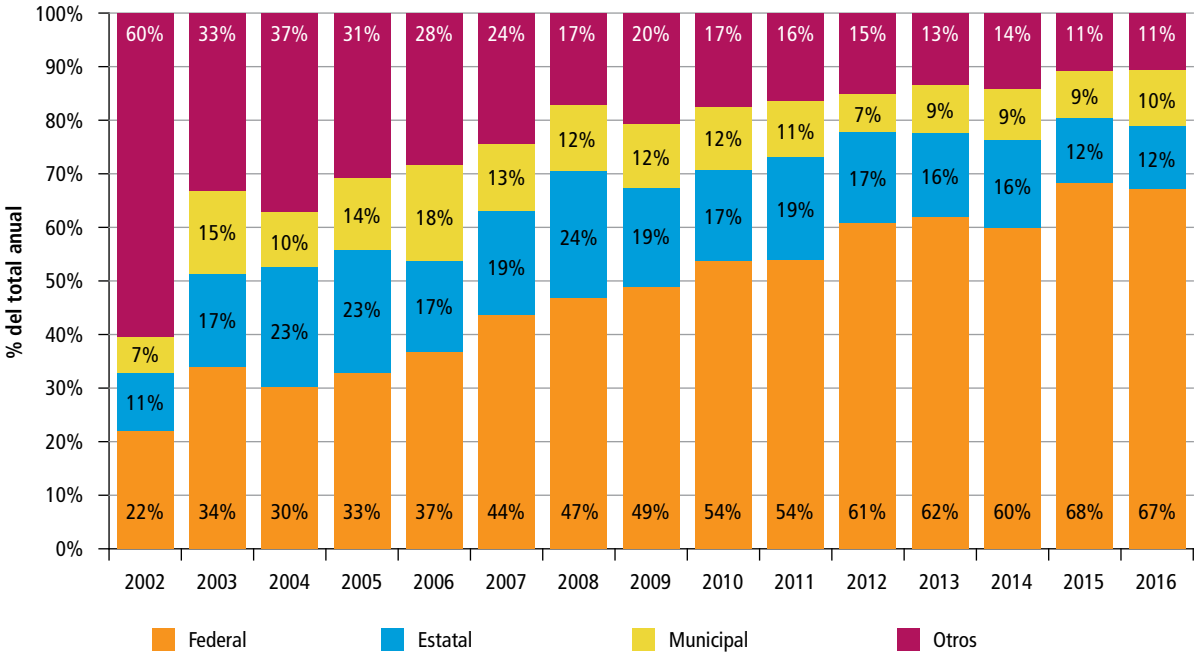
Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018c) y Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Figura 3.33. **Inversiones totales por sector de origen del recurso, 2002-2016**



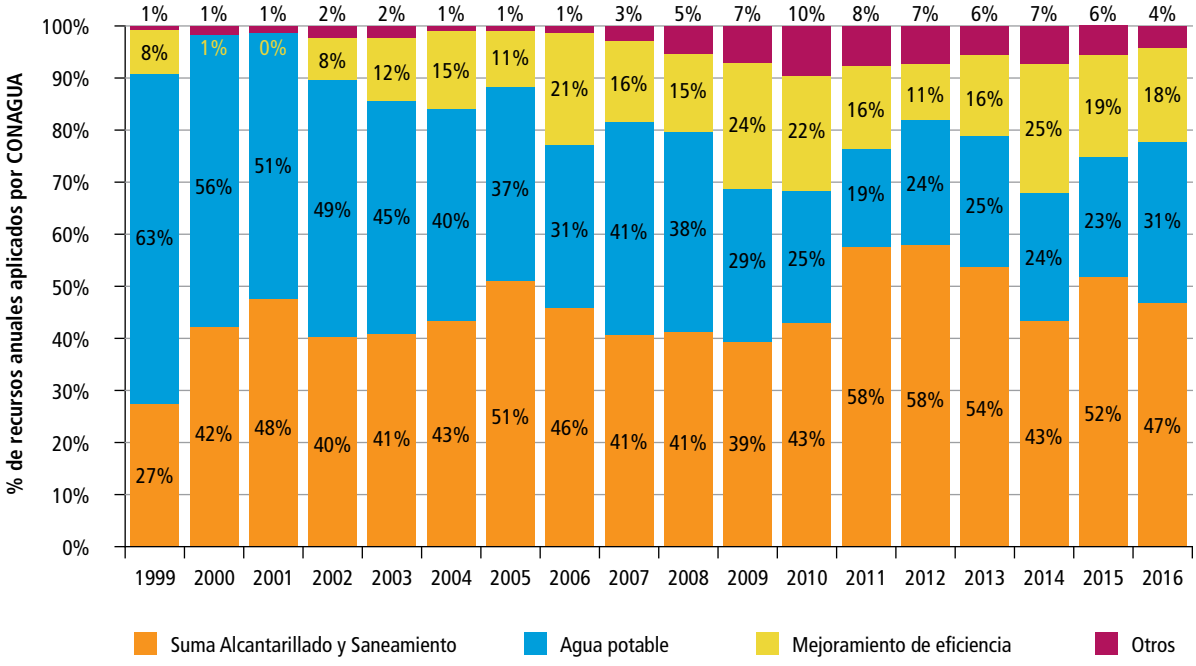
Fuente: INECC con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Figura 3.34. **Porcentaje de las inversiones totales por sector de origen del recurso, 2002-2016**



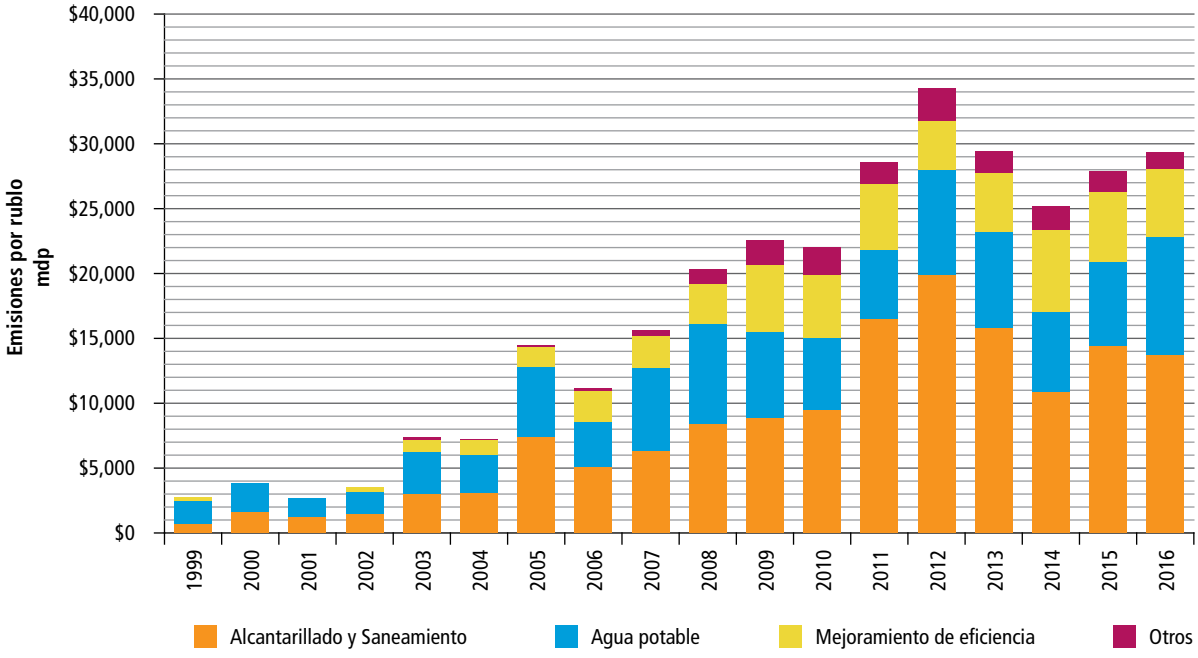
El rubro "Otros" se refiere a inversiones de las comisiones estatales, créditos e iniciativa privada.

Figura 3.35. **Inversiones por rubro, CONAGUA, 1999-2016**



El rubro "Otros" se refiere a estudios y proyectos y supervisión.
Fuente: INECC con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Figura 3.36. **Inversiones por rubro, CONAGUA, 1999-2016**



Fuente: INECC con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

la planta de Atotonilco), y en el periodo posterior, hasta 2016, llegaron a 697 millones de dólares.

En lo que CONAGUA denomina "mejoramiento de la eficiencia" (véanse **Figuras 3.35** y **3.36**), las inversiones aumentaron, hasta alcanzar, en el periodo 2012-2016, un crecimiento promedio alrededor de 17.8% respecto a las inversiones totales del subsector tratamiento de aguas residuales, magnitud que contrasta con el promedio de 13.1% del periodo 1999-2011. Este rubro, junto con la inversión en alcantarillado y saneamiento, influyó en el comportamiento de las emisiones evitando que aumentaran.

Las inversiones descritas en los párrafos anteriores favorecieron el crecimiento de la cobertura de alcantarillado y tratamiento.

A pesar de los esfuerzos que México ha realizado en la materia, la cobertura de tratamiento de aguas municipales en el país fue de 58.2% al cierre de 2016. En el apartado siguiente, se describirán las acciones llevadas a cabo y las principales barreras para avanzar en los temas de cobertura y reducción de emisiones de GEI en el tratamiento de aguas residuales.

Principales acciones de mitigación

En lo que se refiere a las aguas residuales en el periodo 2013-2016, CONAGUA señala que la mitigación fue de 2.01 $MtCO_2e$ (CONAGUA, 2017e). (**Tabla 3.29**). La estimación de la mitigación realizada por CONAGUA se basó en la metodología denominada *AM0080 "Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of wastewater in aerobic wastewater treatment plants"*, la cual se encuentra señalada como metodología en el portal de Clean Development Mechanism (CDM) de la CMNUCC (CMNUCC, 2009) como una metodología para estimar la mitigación de emisiones provenientes del tratamiento de aguas residuales. Esta metodología contempla también lo relativo a las emisiones de CO_2 asociadas con el tratamiento de lodos, a la generación de electricidad desplazada por la actividad del proyecto y/o el consumo de electricidad, las emisiones de CO_2 asociadas con la combustión de combustibles fósiles para equipos de calefacción y las emisiones de CO_2 asociadas con el transporte de lodo.

Tabla 3.29. Metas de mitigación de GEI en el sector aguas residuales.

Periodo	Mitigación acumulada ($MtCO_2e$)
2013-2016	2.010

Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 y 2018 (CONAGUA, 2017b), (SGT/GPT-CONAGUA, 2018a).

Aguas residuales municipales (ARM)

En el periodo 2012-2016, la cobertura de alcantarillado creció de 90.5% a 91.4% (CONAGUA, 2017b), y la de tratamiento aumentó de 46.5% a 58.2 por ciento. La TCMA fue de 0.29 por ciento. De acuerdo con el "Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación" de la CONAGUA, a diciembre de 2016 había en México 2,536 PTAR con capacidad para un caudal de 180,569.72 litros por segundo y un caudal tratado de 123,586.8 litros por segundo (CONAGUA, 2017b). El avance registrado en la cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales equivale a un aumento del 10.8% en el periodo 2012-2016 y de 13.4% para el periodo de 2010 (último año reportado en la *Quinta Comunicación*) a 2016. En el periodo 2012-2016 se alcanzó un incremento de 194 PTAR nuevas (CONAGUA, 2017a); el aumento en la capacidad instalada para ese periodo fue de 40,428 litros por segundo (**Tabla 3.30**), que contribuyeron a la mitigación de emisiones de CH_4 y N_2O, según las estimaciones de la CONAGUA (**Tabla 3.29**).

Tabla 3.30. Aumento en la cobertura de tratamiento de aguas residuales colectadas y en el número de PTAR, 2012-2016

Año	Aguas tratadas %	Aguas no tratadas %	Núm. de PTAR	Capacidad instalada (l/s)	Caudal de aguas tratadas (l/s)
2012	46.5%	53.5%	2,342	140,142	99,750
2013	47.5%	52.5%	2,287	152,172	105,935
2014	50.2%	49.8%	2,337	151,883	111,254
2015	52.7%	47.3%	2,477	177,974	120,902
2016	57.0%	43.0%	2,536	180,570	123,587
2012-2016	10.8%	10.8%	194	40,428	23,837
			8.3%	28.8%	23.9%

Fuente: INECC con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

El porcentaje de cobertura de aguas generadas para el periodo 2012-2016 (CONAGUA, 2017b) fue menor que el porcentaje de cobertura de aguas colectadas, tal como se muestra en la **Tabla 3.31**.

Aguas residuales industriales (ARI)

En el periodo 2012-2016, el número de PTAR pasó de 2,569 a 3,041 (472 plantas construidas). En la **Tabla 3.32** se muestra el incremento de la capacidad instalada (CONAGUA, 2017b).

Recuperación de biogás

Como parte de los esfuerzos de mitigación, se continuó con la recuperación de biogás para generar energía eléctrica. En el periodo 2012-2016 se pusieron en operación nueve PTAR con las instalaciones y equipos necesarios para esta tarea y se condujo un estudio para conocer en detalle el potencial de mitigación de 94 PTAR (IMTA y SENER, 2016). En dicho estudio se estimó que el potencial identificado de generación eléctrica era de 305,940 MWh/año y el de reducción de emisiones, de 141,592.26 tCO_2e/año para las 94 PTAR consideradas.

A través del aprovechamiento de biogás (CH_4) para la generación de energía eléctrica en las PTAR, se logró un beneficio en reducción de emisiones (CONAGUA, 2017b), cuantificadas en el sector Energía. Entre 2012 y 2016 se iniciaron proyectos de recuperación de biogás y generación de energía eléctrica para autoconsumo (**Tabla 3.33**).

Entre 2012 y 2016 se iniciaron proyectos de generación de energía eléctrica en distintas PTAR para autoconsumo (**Tabla 3.34**).

PTAR Atotonilco

Se ubica en el municipio de Atotonilco de Tula, estado de Hidalgo. Tiene una capacidad nominal de tratamiento de 35,000 litros por segundo en dos trenes diseñados para época de estiaje y época de lluvias. (**Tabla 3.35**)

Tabla 3.31. Caudales y porcentajes de cobertura de las aguas residuales generadas, 2012 -2016

Año	Caudal generado de AR (m^3/s)	Caudal de aguas tratadas (m^3/s)	Aguas tratadas *vs.* aguas generadas %	Aguas no tratadas (colectadas + no colectadas) *vs.* aguas generadas %
2012	229.734	99.75	43.4%	56.6%
2013	230.162	105.94	46.0%	54.0%
2014	228.741	111.25	48.6%	51.4%
2015	229.120	120.90	52.8%	47.2%
2016	228.940	123.59	54.0%	46.0%

Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Tabla 3.32. Número de PTAR para aguas residuales industriales, 2012-2016

Año	Núm. de plantas	Capacidad instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Caudal tratado *vs.* capacidad instalada
2012	2,569	74,934	60,532	80.7%
2013	2,651	94,058	75,904	80.7%
2014	2,678	81,546	65,563	80.4%
2015	2,853	87,688	70,501	80.4%
2016	3,041	89,090	75,904	85.2%

Fuente: INECC con datos de la Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Tabla 3.33. PTAR con generación de energía eléctrica a partir de biogás

Estado	Municipio	Localidad	Nombre de la PTAR	Capacidad Instalada (l/s)	Potencial de generación de biogás (m^3/d)	Potencial de generación de energía eléctrica (MW)
Hidalgo	Atotonilco de Tula	Atotonilco de Tula	Atotonilco de Tula	23,000	89,883	12.8
Jalisco	Zapopan	El Tempisque	Agua Prieta	8,500	33,217	4.7
Nuevo León	Pesquería	Dulces Nombres	Dulces Nombres	7,500	29,310	4.2
Nuevo León	Gral. Escobedo	Cd. Gral. Escobedo	Norte	3,000	11,724	1.7
Sonora	Hermosillo	Hermosillo	Hermosillo	2,500	9,770	1.4
Guanajuato	León de los Aldama	León	León	2,500	9,770	1.4
Jalisco	Tlajomulco de Zúñiga	Tlajomulco de Zúñiga	El Ahogado	2,500	8,793	1.3
Querétaro	Querétaro	San Pedro Mártir	San Pedro Mártir	750	2,931	0.4
Guanajuato	Purísima del Rincón	Purísima de Bustos	La Purísima	250	977	0.1
Total				50,500	196,375	28.0

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2017 y 2018 (CONAGUA, 2017b) (SGT/GPT-CONAGUA, 2018b).

Tabla 3.34. PTAR con generación de energía eléctrica a partir de celdas fotovoltaicas

Estado	Municipio	Localidad	Nombre	Capacidad de tratamiento (l/s)	Potencia (kW)
Guerrero	Ometepec	Ometepec	Ometepec	50	480
Sonora	Nogales	Nogales	Los Alisos	220	960.4
Yucatán	Mérida	Mérida	Altabrisa	50	211.1
Yucatán	Mérida	Caucel	Caucel II	50	186
Yucatán	Mérida	Mérida	Fraccionamiento Ciudad Industrial (Graciano Ricalde)	2	31
Yucatán	Mérida	Mérida	Fraccionamiento Pensiones II	12	103.3
Yucatán	Mérida	Mérida	Fraccionamiento Pensiones I Etapa FOVISSSTE	3	64.8
Yucatán	Mérida	Susula	Nixtamal	19	345.8
Total				406	2,382

Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2017 (CONAGUA, 2017b).

Tabla 3.35. PTAR Atotonilco, caudales por tren de tratamiento y época del año

Época del año	Capacidad del tren de proceso convencional (TPC) (l/s)	Capacidad del tren de proceso químico (TPQ) (l/s)	Capacidad total (l/s)
Estiaje	23,000	12,000	35,000
Lluvias	27,600	14,400	42,000

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua, 2012 (SEMARNAT-CONAGUA, 2012).

La PTAR Atotonilco (**Figuras 3.37** y **3.38**) ayuda al tratamiento de las aguas residuales de la Zona Metropolitana del Valle de México, que es la mayor del país.

En 2016, en la Ciudad de México se generaron 21,353 litros por segundo de agua residual (CONAGUA, 2017b). Esto representó aproximadamente 61% de la capacidad total de la PTAR para ese año.

La producción de lodos de la PTAR se estima en 838,405 toneladas de peso húmedo por año (2,297 t/día, en promedio). En el proceso de estabilización de lodos en los digestores, se genera biogás. De acuerdo con CONAGUA, el proyecto contempla un potencial de generación de biogás de 89,883 m^3/día (SEMARNAT-CONAGUA, 2012). Se estima que, a través de la cogeneración eléctrica, se cubrirá aproximadamente el 80% del total de energía requerida por la PTAR (SEMARNAT-CONAGUA, 2012). La planta de Atotonilco, Hidalgo, es la más grande del país y se le atribuye una reducción de emisiones de 145,000 toneladas de CO_2e. (SEMARNAT, 2011).

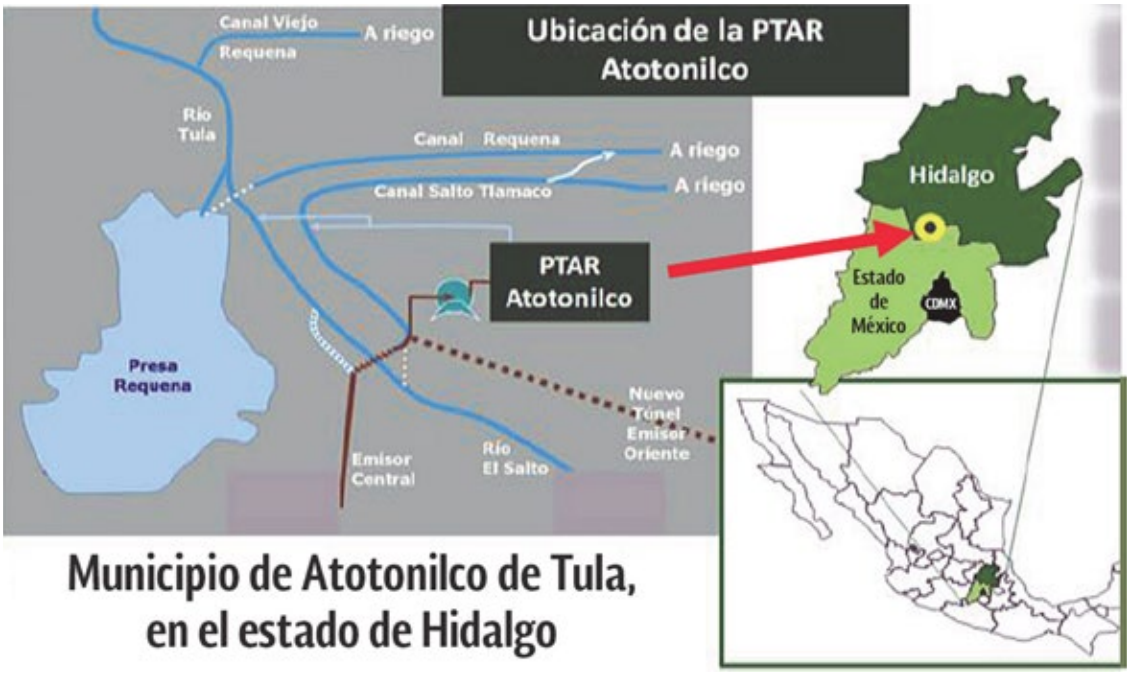
PTAR Hermosillo

Ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, inició operaciones en 2018. Cuenta con una capacidad de tratamiento de 2,500 litros por segundo, suficiente para tratar la totalidad de las aguas residuales generadas en aquella urbe. Con la operación de esta planta de tratamiento, la ciudad incrementó 90% la cobertura de tratamiento, y con el biogás producido en el proceso se generará del 30 al 60% de la energía eléctrica requerida para la operación total de la infraestructura de tratamiento, con 1.4 MW de capacidad potencial de generación (CONAGUA, 2017b).

Asistencia técnica y financiera

BANOBRAS, a través de sus programas de asistencia técnica o a través de sus programas de crédito, atendió, en el periodo 2013-2016 a diez organismos operadores en el sector de agua potable y saneamiento para mejorar la eficiencia en la operación, lo cual contribuye a la reducción de emisiones, y otorgó financiamiento a tres PTAR (BANOBRAS, 2018).

Figura 3.37. **Ubicación de la PTAR Atotonilco**



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua, 2012 (SEMARNAT-CONAGUA, 2012).

Figura 3.38. PTAR **Atotonilco**

Fuente: Bello, 2016.

En la **Tabla 3.36** se puede observar la información acerca del potencial de generación de biogás y del potencial de generación de energía eléctrica de las principales PTAR instaladas en los últimos años (SGT/GPT-CONAGUA, 2018b).

Tabla 3.36. **Proyectos de asistencia técnica y construcción de PTAR de banobras**

	Proyectos de asistencia técnica	Proyectos de PTAR
2013	8 incorporados 3 en ejecución	Atotonilco en Hidalgo, Agua Prieta en Jalisco e Itzicuaros en Michoacán.
2014	16 incorporados 5 en ejecución 1 concluido	Atotonilco en Hidalgo, Agua Prieta en Jalisco e Itzicuaros en Michoacán.
2015	5 concluidos	Atotonilco en Hidalgo
2016	4 concluyeron	Atotonilco en Hidalgo

Fuente: INECC con datos de Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.C.N. (BANOBRAS, 2018).

La Secretaría de Energía (SENER) llevó a cabo los siguientes proyectos relacionados con el aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica:

- Asesoramiento en aprovechamiento energético de lodos de plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), proyecto realizado en cooperación la Agencia Internacional de Cooperación de Alemania (GIZ por sus siglas en alemán). A través del proyecto se publicó, en 2017, una guía que difunde los fundamentos técnicos para generar electricidad con biogás en una PTAR. Entre los diez capítulos que la integran se cuentan "Origen del biogás", "Procesos anaerobios de tratamiento de agua residual" y "Lodos y usos energéticos del biogás en PTAR" (GIZ, 2017a).
- Revisión y actualización del potencial de biomasa para generación de energía eléctrica a partir de PTAR, presentado en el inventario nacional de energías renovables (INERE), proyecto realizado por IMTA (IMTA y SENER, 2016).

Barreras

A partir del análisis de la información en el subsector tratamiento de aguas residuales, se pueden señalar algunas barreras, vacíos y necesidades tecnológicas que se han identificado.

Al cierre de 2016 había 13 entidades federativas con un porcentaje de cobertura menor que el promedio nacional (58.2%), debido, entre otros factores, a barreras geográficas y geológicas, como es el caso de la Península de Yucatán. Los estados con cobertura menor que la media nacional son: Yucatán (5%), Campeche (6.4%), Hidalgo (26.5%), Chiapas (28.4%), Morelos (30.6%), Estado de México (33.9%), Tabasco (35.1%), Ciudad de México (36.6%), Michoacán (42.9%), Veracruz (47.1%), Oaxaca (49.9%), Sonora (50.5%), Quintana Roo (52.5%) y Tlaxcala (57.0%). Resolver los problemas técnicos derivados del entorno físico es una necesidad y, a la vez, una oportunidad de mejora en lo que se refiere a desarrollar nuevos sistemas de alcantarillado y de tratamiento que sean viables en estas entidades y las comunidades que aún no son atendidas.

Actualmente no se trata el 46% de las AR. Esto incluye el caudal de aguas no colectadas y no tratadas y el caudal de aguas que son colectadas en alcantarillado pero que no reciben tratamiento. A este respecto hay un potencial de mitigación de emisiones a través de reducir el caudal de aguas residuales municipales que no se tratan.

Los esfuerzos financieros y técnicos para mejorar los sistemas de alcantarillado y saneamiento de aguas residuales han permitido mantener el nivel de emisiones de GEI provenientes de ARM en los últimos años; sin embargo, no se ha resuelto el problema de los impactos a cuerpos de agua superficial y las emisiones asociadas.

Hay un área de oportunidad en la planeación y enfoque de los sistemas de alcantarillado y tratamiento para controlar los contaminantes de las descargas de aguas residuales y, con ello, evitar la contaminación de los cuerpos de agua. Estas necesidades de mejora se podrán acentuar con la entrada en vigor de la nueva norma que contiene los límites máximos permisibles más estrictos. En 2016, el 41.8% del total de aguas colectadas no se trataban, y si se consideran las aguas no colectadas y las colectadas que no se tratan, el número aumenta al 46% (CONAGUA, 2017b) y (CONAGUA, 2018c).

No se cuenta con información de la cantidad de casas-habitación por entidad federativa, municipio y población que descargan ARM sin tratamiento o que descargan a fosas sépticas individuales. Este vacío de información representa una barrera que, al abordarse, puede contribuir a sentar las bases para la mitigación de GEI, por ejemplo, al aumentar progresivamente la sustitución de fosas sépticas en casas habitación por una conexión a alcantarillado y éste a tratamientos aeróbicos para evitar las descargas o infiltraciones de aguas sin tratamiento y la generación de metano.

Los resultados del INEGYCEI a 2015 muestran que las emisiones de ARI representaron 74.9% de las emisiones totales de aguas residuales. Es necesario, entonces, fortalecer el marco jurídico y normativo para hacer más efectiva la regulación de las ARI, ya que tienen un gran potencial de reducción de las emisiones.

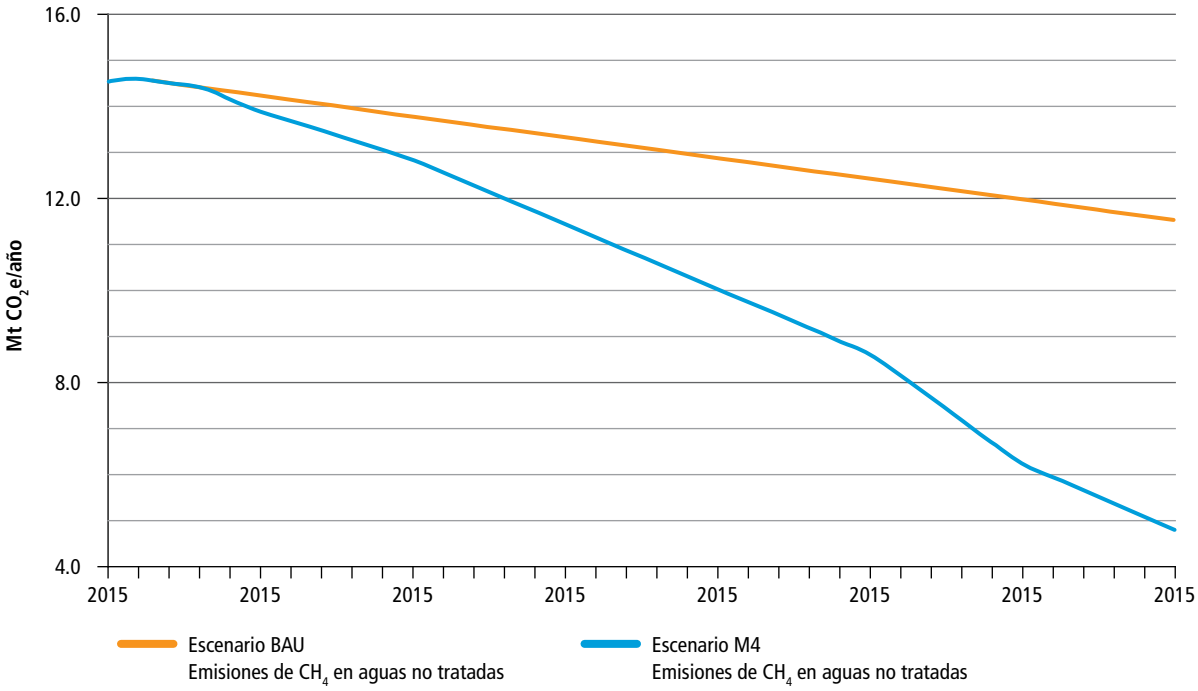
Actualizar el marco jurídico y normativo en este subsector podría contribuir a mitigar las emisiones debidas al tratamiento de ARI, en particular a no tratadas, que son las que determinan principalmente el nivel de emisiones (**Figura 3.39**).

Actualmente los lodos de PTAR son definidos por la LGPGIR como residuos de manejo especial (RME). En dicha ley se atribuye su gestión a los gobiernos estatales. E igualmente ocurre con la NOM-004-SEMARNAT-2002[25] y el reglamento interior de la PROFEPA (la cual aprueba a los laboratorios dedicados a medir la calidad de los lodos), que señalan a quién corresponde el registro de la información sobre cantidad y destino de los lodos.

Las leyes y reglamentos orgánicos de la Comisiones Estatales de Agua no siempre contemplan la actividad de registrar cantidades y destino de lodos de tratamiento dentro de sus atribuciones y obligaciones. Este vacío jurídico respecto a quiénes corresponde

[25] Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Figura 3.39. **Comparación BAU y medida de mitigación M4 para ARI no tratadas**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018 (INECC, 2018b).

el registro de la información relativa a los lodos representa una barrera para acelerar su uso y reporte en la reducción de emisiones, ya que esos datos permitirían conocer el potencial para la generación de biogás y de energía eléctrica de esta actividad.

A este respecto, también se identifican oportunidades de investigación y desarrollo tecnológico, como sería contar con un estudio integral de todas las PTAR del país, como ocurre, por ejemplo, con el estudio de IMTA de 2016 (IMTA y SENER, 2016), que abarca 94 de 732 de la PTAR que aplican el sistema de lodos activados. El caudal tratado por esas 94 plantas representa 77% del caudal total tratado en 2016 por las 732 PTAR que usan lodos activados como tratamiento. Dicho estudio permitiría determinar la generación anual de lodos, su destino y el estado en el cual se manejan o disponen, y esto contribuiría a fortalecer los sistemas MRV y el registro de información de detalle de los actores involucrados (INEGI, CONAGUA, CEA). Otra posibilidad sería un estudio para la reconversión de las PTAR anaerobias a aerobias.

En lo que se refiere a la cantidad de PTAR que recuperan biogás y lo aplican para la generación de energía eléctrica, se reporta actualmente que nueve de ellas cuentan con tales equipos e instalaciones. Si se considera que el total de las PTAR en el país es de 2,536, estas nueve plantas representan apenas 0.3 por ciento. Esta es un área de oportunidad, ya que reconvertir o adecuar las PTAR con producción de lodos con biodigestores contribuiría a la mitigación de emisiones.

El grupo interinstitucional coordinado por el INECC para el análisis de las medidas de mitigación identificó algunas mejoras necesarias del marco jurídico y normativo:

- Mejorar la transferencia de información en acerca de las ARI, a través del RETC y el RENE, para esta forma de aguas residuales.
- Introducir modelos e incentivos para la reconversión de las PTAR en las que se identifique un potencial económicamente viable para la recuperación y captura de biogás y su utilización para generar electricidad,

por lo que se recomienda considerar un precio social del carbón en el análisis de evaluación social de los proyectos de inversión.

- Actualmente existen modelos de cooperación público-privada para la construcción de infraestructura. Es posible mejorar y ampliar esos modelos para facilitar que un operador gubernamental o privado pueda asociarse con industrias o agroindustrias específicas para el tratamiento de sus aguas residuales o de sus residuos sólidos para biodigestión o para que un solo operador pueda conjuntar la operación de varias plantas pequeñas en una región hasta alcanzar viabilidad económica.
- Actualizar la regulación general de operación de los organismos operadores de aguas locales y responder a los cambios y requerimientos de información que la mitigación del cambio climático requiere. Contar con dicha regulación sentaría las bases para los sistemas MRV de esta actividad.

Sectores USCUSS* y agricultura y ganadería

De acuerdo con la clasificación del IPCC, el sector agricultura y ganadería y el sector USCUSS corresponden al sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por *Agriculture, Forestry, and Other Land Use*), el cual se divide en tres subsectores: 1) ganado, 2) tierra y 3) fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra (IPCC *et al.,* 2006). Este sector tiene la particularidad de tener tanto emisiones como absorciones de CO_2.

De acuerdo con los resultados de AFOLU en el *Inventario Nacional*, las emisiones totales en 2015 fueron 102 $MtCO_2e$. El subsector de ganado emitió 70.56 $MtCO_2e$, que representaron 69.14% de las emisiones de AFOLU y 10.33% de las emisiones totales del país, mientras que el subsector de fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra, emitió 31.49 $MtCO_2e$: 30.86% de las emisiones de AFOLU y 4.61% de las emisiones nacionales. En el subsector tierra, las absorciones (emisiones negativas) alcanzaron -148.34 $MtCO_2e$, lo que convierte al sector AFOLU en un sumidero neto de carbono, con una absorción neta de -46.34 $MtCO_2e$.

Las principales instancias responsables de las acciones para este sector son: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Sector USCUSS

Panorama general

En México, la superficie forestal en 2014 se estimó en 137.8 millones de hectáreas, equivalentes a 70.5% del territorio nacional. Durante el periodo 1993-2011 se observó una disminución de 4% de la superficie forestal (CONAFOR, 2018a) (**Tabla 3.37**).

La pérdida de la superficie forestal tiene diversas causas relacionadas con las prácticas agrícolas, ganaderas, incendios, plagas y enfermedades, entre otras. Estas causas varían a lo largo del territorio debido a las diferencias socioeconómicas, políticas, culturales y ambientales que se presentan en las distintas regiones del país (CONAFOR, 2018a; Corona, Galicia, Palacio-Prieto, Bürgi y Hersperger, 2016; Ellis, Romero Montero y Hernández Gómez, 2017; Proust, Anta Fonseca y Cepeda, 2015).

* Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.

Tabla 3.37. **Superficie forestal nacional por ecosistema, en el periodo 1993-2011**

Ecosistema	Superficie (ha)			
	Serie II (1993)	Serie III (2002)	Serie IV (2007)	Serie V (2011)
Bosques	34,489,023.17	34,112,795.99	34,090,763.33	34,076,068.45
Selvas	32,842,771.40	31,465,523.13	30,663,244.69	30,297,447.12
Manglar	914,610.31	924,255.68	945,734.76	939,478.36
Otras asociaciones	661,181.46	557,290.59	526,931.21	555,611.21
Subtotal arbolado	68,907,586.34	67,059,865.38	66,226,673.99	65,868,605.14
Matorral xerófilo	58,328,682.08	57,300,597.06	56,877,101.03	56,471,899.10
Otras áreas forestales	16,991,208	16,780,883.59	16,092,778.59	16,052,581.28
Total	144,227,476.42	141,141,346.03	139,196,553.61	138,393,085.53

Fuente: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2018a).

Política de mitigación

México actualizó, en junio de 2018, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, cuyo objeto es regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. La actualización aborda los temas de adaptación y mitigación del cambio climático, vinculando los lineamientos y objetivos de la LGCC.

Programa Nacional Forestal

La planeación del sector ambiental recae en la SEMARNAT, y en particular el tema forestal está a cargo de la CONAFOR. El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 plantea la formulación del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR), que es el principal instrumento de planeación del sector forestal, el cual tiene un enfoque transversal y de coordinación interinstitucional para proteger, conservar y manejar de manera sustentable los recursos forestales (CONAFOR, 2014c). El PRONAFOR plantea dos estrategias, nueve programas y un proyecto, de los cuales, los más relevantes en el tema de mitigación del cambio climático son:

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 2018 y las adiciones en materia de cambio climático

El 5 de junio de 2018 se publicó el decreto en el que se expide la nueva Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la cual sustituye a la Ley publicada en el año 2003. Las principales modificaciones en materia de cambio climático son:

- Dentro de los objetivos de la Ley se incluyen 1) promover el manejo forestal sustentable a fin de contribuir a mantener e incrementar los acervos de carbono, reducir las emisiones provenientes de la deforestación y degradación forestal, así como a reducir la vulnerabilidad; 2) establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la LGCC, y 3) diseñar estrategias, políticas, medidas y acciones para transitar a una tasa de cero por ciento de pérdida de carbono en los ecosistemas originales, en términos de la LGCC y la ENCC.
- Se establece la integración de la información de distintos sistemas de gestión forestal.
- Promoción de la creación de sistemas estatales de información forestal.
- Plantea el establecimiento del Registro Forestal Nacional.
- Especifica que la SAGARPA no dará apoyos o incentivos económicos para actividades agropecuarias en zonas deforestadas o para aquellas que propicien el cambio de uso del suelo en terrenos forestales o que incrementen la frontera agrícola.
- Fortalecimiento del tema de salvaguardas, a través de un marco de implementación y cumplimiento de las mismas.

Fuente: Cámara de Diputados, 2018a.

- Estrategia nacional REDD+ y áreas de acción temprana REDD.
- Estrategia nacional de manejo forestal sustentable para incrementar la producción y productividad (ENAIPROS).
- Programa de pago por servicios ambientales.
- Programa de restauración forestal y reconversión productiva.
- Programa nacional de prevención de incendios forestales.
- Programa de sanidad forestal.
- Programa de plantaciones forestales comerciales.
- Proyecto bosques y cambio climático.

Asimismo, el PRONAFOR contempla el desarrollo de un sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación de emisiones de GEI y la integración de un sistema nacional de información de salvaguardas sociales y ambientales.

ENAREDD+

La estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal 2017-2030 México[26] (ENAREDD+) tiene como objetivo disminuir la emisión de gases de efecto invernadero ocasionadas por la deforestación y degradación, así como el manejo forestal sustentable y la conservación e incremento de los acervos de carbono forestal, a través del manejo integral del territorio basado en el desarrollo rural sustentable (CONAFOR, 2017b). México inició su elaboración en 2010 y fue publicada en 2017, lo que se considera un importante logro para la gestión climática. La ENAREDD+ se desarrolló a través de una consulta participativa que incluyó a representantes de diversos actores del sector forestal, tales como comunidades locales, pueblos y comunidades indígenas, sociedad civil, academia, gobierno estatal y federal, y organizaciones de productores.

Los elementos que componen la ENAREDD+ son siete, de los cuales las salvaguardas, comunicación y desarrollo de capacidades son transversales a los cinco restantes. Los principales avances en los componentes de la Estrategia se presentan en la **Tabla 3.38**.

Los componentes de la ENAREDD+ son:

1. Política pública y marco legal.
2. Esquemas de financiamiento.
3. Arreglos institucionales.
4. Monitoreo, reporte y verificación y nivel de referencia.
5. Salvaguardas sociales y ambientales.
6. Comunicación y desarrollo de capacidades.
7. Participación social y transparencia.

De 2015 a 2016, la CONAFOR avanzó en el modelo de intervención REDD+ y su efectividad a nivel regional y estatal, a través de la iniciativa de reducción de emisiones (IRE), la cual se ha integrado de forma participativa con los gobiernos de cinco entidades federativas (Campeche, Chiapas, Jalisco, Quintana Roo y Yucatán), con las personas propietarias o poseedores de terrenos forestales, con las organizaciones de la sociedad civil, la academia y usando distintos espacios de participación social e interinstitucional. El objetivo de esta iniciativa es probar un modelo de pago por resultados y de distribución de beneficios en las regiones donde se logre la reducción de emisiones por deforestación y degradación de ecosistemas forestales (CONAFOR, 2017a). En diciembre de 2016, México logró la aprobación provisional de la IRE por parte del Fondo de Carbono del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques.

Como parte de la IRE, durante 2017, la CONAFOR colaboró en la consolidación de los cinco grupos técnicos estatales de MRV, como apoyo a los gobiernos de los estados. Además, se actualizaron los niveles de referencia de las emisiones forestales de los cinco estados de la IRE, de acuerdo con los avances metodológicos (CONAFOR, 2018b).

ENAIPROS

Como parte de la política para reactivar la producción forestal, se planteó la estrategia nacional de manejo forestal sustentable para el incremento de la producción y productividad (ENAIPROS), la cual se enfoca en incrementar la producción forestal maderable del

[26] http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositoriodigital/items/show/546

país, aumentar la superficie con certificado de manejo sustentable y contribuir a generar empleos permanentes en el sector forestal. La estrategia se compone de cinco elementos: a) Fortalecimiento empresarial comunitario, b) Silvicultura y manejo forestal, c) Abasto, transformación y mercados, d) Coordinación institucional, y e) Monitoreo y Evaluación (CONAFOR, 2013).

Programa de pago por servicios ambientales

Se diseñó para otorgar incentivos económicos a dueños de terrenos forestales, con el objetivo de promover la conservación y el buen manejo de los ecosistemas, y mantener los servicios ambientales en el largo plazo. Estos incentivos son principalmente para la protección de servicios hidrológicos, conservación de la biodiversidad y captura de carbono (CONAFOR, 2011). Para más información al respecto, consultar el apartado sobre Instrumentos económicos en el Capítulo de Economía del Cambio Climático.

Programa de restauración forestal y reconversión productiva

Creado con el propósito de apoyar acciones y proyectos integrales de restauración forestal y reconversión productiva en áreas deterioradas y recuperar la capacidad y el potencial natural de los suelos forestales (CONAFOR, 2012).

Programa nacional de prevención de incendios forestales

Conjunta a diversas instituciones del gobierno federal, los gobiernos estatales y municipales, asociaciones de silvicultores, prestadores de servicios técnicos forestales y organismos no gubernamentales, como parte de la estrategia para prevenir y controlar los incendios forestales en el país y disminuir los impactos negativos en estos ecosistemas (CONAFOR, 2009; SEMARNAT, 2018f).

Como parte de este programa se creó el Centro Nacional de Control de Incendios Forestales (CENIF), mediante el cual se coordinan las acciones entre los distintos actores. Su principal función es recibir y canalizar los reportes de incendios forestales, interpretar imágenes satelitales y analizarlas para determinar las condiciones climatológicas imperantes en el país, lo que permite pronosticar situaciones de riesgo y alertar a las áreas operativas. La CONABIO proporciona el servicio de alerta temprana de incendios forestales[27] y el Servicio Meteorológico Nacional proporciona el servicio de detección de focos de calor mediante imágenes satelitales (CONAFOR, 2009).

[27] http://incendios.conabio.gob.mx/

Tabla 3.38. Principales avances en los componentes de la ENAREDD+ en México

Componente del mecanismo REDD+	Principales avances
Nivel de referencia de emisiones forestales (NREF)**	Presentado en la COP20 en 2014, sometido a revisión de la CMNUCC durante 2015. Incluye emisiones asociadas a la deforestación bruta considerando los reservorios de carbono en la biomasa aérea y subterránea y carbono orgánico del suelo. Se consideró el promedio de las emisiones del periodo histórico 2000-2010 de 44.39 $MtCO_2e$ (CONAFOR, 2014a).
Sistema nacional de salvaguardas sociales y ambientales (SNSSA)***	Diseño del SNSSA y del sistema de información de salvaguardas para el seguimiento y reporte del cumplimiento de las salvaguardas de REDD+. Los avances se han enfocado en la interpretación nacional de las salvaguardas de Cancún para México, el diseño del sistema de información de salvaguardas, con la identificación de las fuentes de información y los arreglos institucionales (CONAFOR, 2016a).
Sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV)	México ha trabajado desde 2010 en el sistema MRV y ha desarrollado los siguientes elementos: protocolo y sistema de estimación de emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero, cálculo de emisiones a partir de incendios forestales y sus respectivos factores de emisión, así como el reporte del *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* del subsector tierra (CONAFOR, 2017b).

** http://redd.unfccc.int/submissions.html?country=mex

*** https://www.gob.mx/conafor/documentos/salvaguardas.

Programa de plantaciones forestales comerciales

A cargo de la CONAFOR, busca incrementar la producción y productividad forestal sustentable a través del fomento al desarrollo de plantaciones forestales comerciales, en regiones prioritarias. El programa considera el uso de especies y variedades adecuadas para cada región, con prácticas de manejo eficientes y el fomento a la organización para la producción (CONAFOR, 2015b).

Proyecto bosques y cambio climático

Como parte transversal de las estrategias y programas del PRONAFOR, se desarrolla este proyecto que forma parte del compromiso estratégico entre la CONAFOR y el Banco Mundial, para respaldar las acciones del gobierno federal en materia de atención a los bosques y al cambio climático. Este proyecto tuvo un periodo de ejecución de 2012 a 2017, operando a través de diferentes programas de apoyo de la CONAFOR (CONAFOR, 2015a).

Áreas naturales protegidas (ANP)

La SEMARNAT cuenta con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y publicó en 2014 la *Estrategia hacia 2040*, documento que plantea el seguimiento de cinco ejes:

1. Manejo integrado del paisaje.
2. Conservación y manejo de la biodiversidad.
3. Participación social y cultura para la conservación.
4. Economía de la conservación.
5. Cambio climático.

Dentro del eje de cambio climático se considera contribuir a la mitigación de ese fenómeno en las ANP, regiones prioritarias para la conservación y otras modalidades de conservación, incluyendo una línea de acción en REDD+. Se busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por degradación y deforestación e incrementar la captura y almacenaje de carbono con efectos positivos a la biodiversidad. Estos componentes son compatibles con el trabajo que realiza la CONAFOR, pero está enfocado específicamente a las ANP (CONANP, 2014).

La CONANP tiene también a su cargo el programa de conservación para el desarrollo sostenible (PROCODES), el cual promueve la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las regiones prioritarias, mediante el aprovechamiento con igualdad de oportunidades, y con énfasis en la población indígena de las localidades (CONANP, 2015).

Programa de combate de la tala clandestina

En el tema forestal, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), a través de este programa, orienta a la inspección y vigilancia de la cadena productiva en materia forestal (aprovechamiento, transporte, transformación y almacenamiento), a lo largo de la cual se derivan los distintos ilícitos ambientales tales como el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el sobre aprovechamiento del recurso en predios bajo aprovechamiento forestal, y tala clandestina.

Estrategia nacional sobre biodiversidad de México y plan de acción 2016-2030 (ENBPA)

Como parte de la vinculación entre mitigación y biodiversidad, la CONABIO actualizó la ENBPA, en 2016. La estrategia establece las bases para impulsar los esfuerzos para la conservación, el uso sustentable y el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados del uso de los componentes de la diversidad (CONABIO, 2016). Dentro de las acciones específicas que plantea la estrategia y que están estrechamente relacionadas con el tema de mitigación, se encuentran esfuerzos para mejorar la conectividad ecológica mediante corredores biológicos y actividades productivas sustentables, así como aumentar la captura de carbono y fortalecer la protección costera con la implementación de un esquema de conservación y recuperación de ecosistemas marinos y costeros como arrecifes, manglares, pastos marinos y dunas.

Sistema de monitoreo de manglares en México (SMMM)

La CONABIO desarrolló el SMMM desde 2005, como un esfuerzo para el monitoreo a largo plazo de los manglares (Valderrama Landeros *et al.,* 2017).

Esfuerzos de mitigación en las entidades federativas

Las entidades federativas han incorporado elementos de mitigación en el sector USCUSS, como parte de sus programas estatales de acción ante el cambio climático. En la **Tabla 3.39** se presentan algunas de las acciones de mitigación de algunos estados.

Tabla 3.39. **Principales avances de las entidades federativas en materia de mitigación en el sector USCUSS**

Ciudad de México	Se otorgaron 3,909 bonos de carbono forestal para la conservación y mantenimiento del bosque en el ejido San Nicolás Totolapan, por el cuidado y preservación del bosque durante 30 años; este es el primer esfuerzo a nivel nacional en emitir este tipo de instrumentos.
Coahuila	Como parte de su política se encuentra el programa de Prevención y Combate de Incendios Forestales, esfuerzo enfocado a estimar las emisiones de GEI y la atención oportuna de los incendios forestales en el estado. El estado tiene identificadas las áreas prioritarias para atender estos eventos y cuenta con 39 brigadas.
Jalisco	En el 2016 el gobierno estatal firmó con la CONAFOR la iniciativa de reducción de emisiones (IRE), y en el 2018 publicó la estrategia estatal para la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal (EEREDD+) de Jalisco, acorde con la ENAREDD+.
Yucatán	En el marco de la implementación de la EEREDD+ de Yucatán, se ha trabajado en el sistema estatal de información en materia de salvaguardas. Se han realizado proyectos piloto de sistemas silvopastoriles como parte de esta estrategia. El estado de Yucatán también colabora con iniciativas internacionales como UNDER2COALITION y el Bonn Challenge.

Ruta de implementación de la CND sobre mitigación

Como parte del compromiso que presentó México en 2015, ante la CMNUCC, con la contribución nacionalmente prevista y determinada, se trabaja en la ruta de implementación de la CND, en la cual participan distintos actores del sector, como SEMARNAT, CONAFOR, CONANP, INECC, SAGARPA, Secretaría de Marina, SEDATU y el Instituto Nacional de las Mujeres, entre otros. Además, con el objetivo de vincular las distintas iniciativas y agendas sobre mitigación en este sector, estas instituciones son parte del grupo de trabajo de REDD+ de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).

La estrategia de mitigación de México en el sector USCUSS, para la CND, se plantea a través de tres metas generales enfocadas en la protección de las áreas forestales del país. Estas metas buscan limitar algunos de los problemas que han afectado a los bosques en México, y se integran dentro de una visión general de desarrollo rural sostenible que considera tanto los aspectos ambientales como los sociales.

La primera meta "*Deforestación neta cero en 2030*" tiene como objetivo la lucha contra uno de los principales problemas del país: la deforestación. Este objetivo se pretende lograr mediante una gestión efectiva e intersectorial a través de la implementación de la estrategia nacional para REDD+ 2017-2030.

Esta meta se desarrolla a través de dos líneas de acción. La principal plantea la reducción progresiva de las áreas deforestadas hasta alcanzar una deforestación anual de 12,000 hectáreas en 2030. Esto supone una ambición importante, ya que la deforestación en el año 2014 alcanzó 232,000 hectáreas y las previsiones de la línea base, en ausencia de esta meta, la sitúan en 273,000 ha para el año 2030.

La segunda línea de acción de esta primera meta busca mantener la tasa de regeneración natural de los bosques existentes en el periodo histórico. Por tanto, se pretende conservar el cambio de tierras no forestales a tierras forestales de 137,387 hectáreas al año.

El efecto combinado de ambas medidas logra situar la tasa de deforestación en valores negativos en 2030. Es decir, se espera que las masas forestales aumenten su superficie en vez de perderla. En particular, se busca que, en 2030, los bosques crezcan a un ritmo de 125,000 hectáreas al año. Bajo este escenario se estaría logrando una mitigación de 31.4 $MtCO_2e$ en 2030.

La segunda meta, "*Manejo forestal sustentable*" tiene como objetivo incrementar las existencias totales de biomasa en ecosistemas bajo manejo

forestal sustentable; y se espera alcanzarlo a través de la implementación de la estrategia nacional de manejo forestal sustentable para el incremento de la producción y productividad.

Esta meta se desarrolla a través de varias líneas de acción: la primera tiene como objetivo el aumento de la productividad de los bosques naturales bajo manejo comercial, lo que representa casi seis millones de hectáreas, a través de una mejora del manejo forestal. La segunda línea pretende incrementar la superficie de bosque bajo manejo en 4.6 millones de hectáreas al 2018; este objetivo se considera por la mayor productividad y la mayor resiliencia de los bosques gestionados frente a la deforestación, degradación, plagas e incendios. La tercera línea considera un incremento del área de plantaciones forestales comerciales; se espera pasar de aproximadamente 192,000 hectáreas existentes en 2014 a 384,000 hectáreas. Finalmente, se espera destinar parte de este crecimiento a un aumento de la producción maderable del país, pasando de una producción de 6.3 Mm^3 de madera en rollo en 2014 a 19.87 Mm^3 de madera en rollo en 2030. En conjunto, estas cuatro líneas de acción tienen un potencial de mitigación de 16.6 $MtCO_2e$ en 2030.

Finalmente, la tercera meta, "*Gestión de áreas naturales protegidas*", tiene como objetivo mejorar el manejo de los reservorios de carbono y así aumentar los sumideros. Se plantea lograr el objetivo de esta meta considerando dos líneas de acción para disminuir la deforestación en ANP, y apoya a la meta 1.

La segunda línea de acción contempla el aumento de la superficie reforestada en las ANP; se espera aumentar la superficie reforestada en un 15% anual de la media histórica de 2014 a 2020, y un aumento de 10% de 2025 a 2030. El potencial de mitigación de esta meta es de 0.88 $MtCO_2e$ en 2030, pero debido a que la primera línea de acción complementa a la meta 1, la mitigación adicional es de 0.09 $MtCO_2e$ en 2030.

Principales acciones de mitigación

Comisión Nacional Forestal

Durante el periodo de 2012 a 2017, la CONAFOR realizó acciones para recuperar la funcionalidad de las cuencas y los paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural. La **Tabla 3.40** muestra un resumen de las acciones de la CONAFOR que tienen beneficios en la mitigación de emisiones, entre otros importantes para el manejo sustentable de los recursos forestales y la biodiversidad.

Se estima que, en el marco del Programa Nacional Forestal, de las acciones de manejo técnico forestal maderable y no maderable, así como del pago por servicios ambientales, se alcanzó una mitigación de 8.92 $MtCO_2e$ (periodo 2012-2017), por evitar la deforestación y la degradación forestal (CONAFOR, 2018b); los detalles se encuentran en el Anexo 1. Por el momento, no se ha podido cuantificar la mitigación asociada a las otras acciones.

Tabla 3.40. Mitigación en áreas forestales, realizadas por la Comisión Nacional Forestal, 2012-2017

Acciones	Superficie de avance (ha)	Periodo
Cultivos forestales, manejo del hábitat y conservación de especies	3,510,000	2012-2017
Manejo forestal certificado vigente	2,171,000	al 2017
Plantaciones forestales comerciales	61,483	2014-2016
Pago por servicios ambientales	3,340,000	2012-2017
Restauración forestal	1,322,724	al 2017
Arbolado adulto y renuevo afectados por incendios forestales	16,832	2012-2017
Tratamientos fitosanitarios	401,400	2012-2017

Fuente: Comisión Nacional Forestal, 2017, 2018 (CONAFOR, 2017, 2018).

La estrategia para la prevención de incendios forestales se enfoca en el fortalecimiento de la coordinación con los gobiernos estatales. Para mejorar la capacidad de respuesta del programa nacional de prevención de incendios forestales, se conformaron 32 equipos estatales de manejo de incidentes, se instalaron y están en operación seis centros regionales de manejo del fuego, y se encuentran también operando los 33 centros de control de incendios forestales (CONAFOR, 2018b). La superficie promedio de arbolado adulto y renuevo

que ha sido afectada por incendios disminuyó 63% durante el periodo 2014-2017: de 45,493 ha en el periodo 1998-2013 a 16,832.3 ha en el periodo 2014-2017 (CONAFOR, 2018b).

Sobre la normatividad relacionada con el sector forestal, en el año 2015, se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* la NMX-AA-173-SCFI-2015 para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento en los acervos de carbono a contabilizar (Secretaría de Economía, 2015). Asimismo, en 2018, el INECC y la CONAFOR firmaron y publicaron en el *DOF* el acuerdo por el que se establece el consejo técnico consultivo de la citada norma (*DOF*, 2018).

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

De las acciones de 2016 a 2017, la CONANP aumentó la superficie del país que se encuentra bajo algún esquema de protección; con el decreto de cinco nuevas ANP:

- Reserva de la Biósfera Caribe Mexicano.
- Islas del Pacífico de la Península de Baja California.
- Pacífico Mexicano Profundo.
- Sierra de Tamaulipas.
- Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe.

En total, a 2017 se cuenta con 182 ANP en operación, con una superficie total de 90.8 Mha, de las cuales 21.4 Mha corresponden a superficie terrestre y 69.4 Mha a marina, que representan 10.9% y 22.1% de la superficie nacional terrestre y de la superficie nacional marina, respectivamente. En la **Figura 3.40** se presenta el aumento en la superficie de ANP de 2007 al 2017, en donde se muestra que de 2015 a 2017 aumentó el esfuerzo para incorporar 65.4 Mha bajo el esquema de conservación a través de ANP (Gobierno de la República, 2017).

En la estrategia de la CONANP para la conservación del capital natural mexicano, por la promoción de la conectividad ecológica en ANP a través de corredores biológicos, desde 2013 se han mantenido 402,000 hectáreas bajo alguno de estos esquemas (SEMARNAT, CONABIO, CONAFOR y CONANP, 2016).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

De 2013 a 2017, la CONABIO ha atendido la reforestación de 3,808 hectáreas de manglares, lo cual representa 20% de la superficie de manglares perturbados (Gobierno de la República, 2017), debido a la destrucción causada por el cambio de uso del suelo. Además, la CONABIO avanzó en los métodos para caracterizar a los manglares del país, para avanzar en la homologación de la información que se genere sobre estos ecosistemas, presentando una metodología para el diseño, muestreo y análisis de los datos, y la integración de información multiescala (Rodríguez Zúñiga *et al.,* 2018).

Barreras

Si bien los esfuerzos que se realizan en materia de mitigación en el sector USCUSS son importantes, es necesario mantenerlos en el largo plazo, ya que, de acuerdo con los resultados del INEGYCEI, sigue siendo un sector con importantes emisiones debidas al cambio de uso del suelo, en particular, los cambios a tierras de cultivos y praderas.

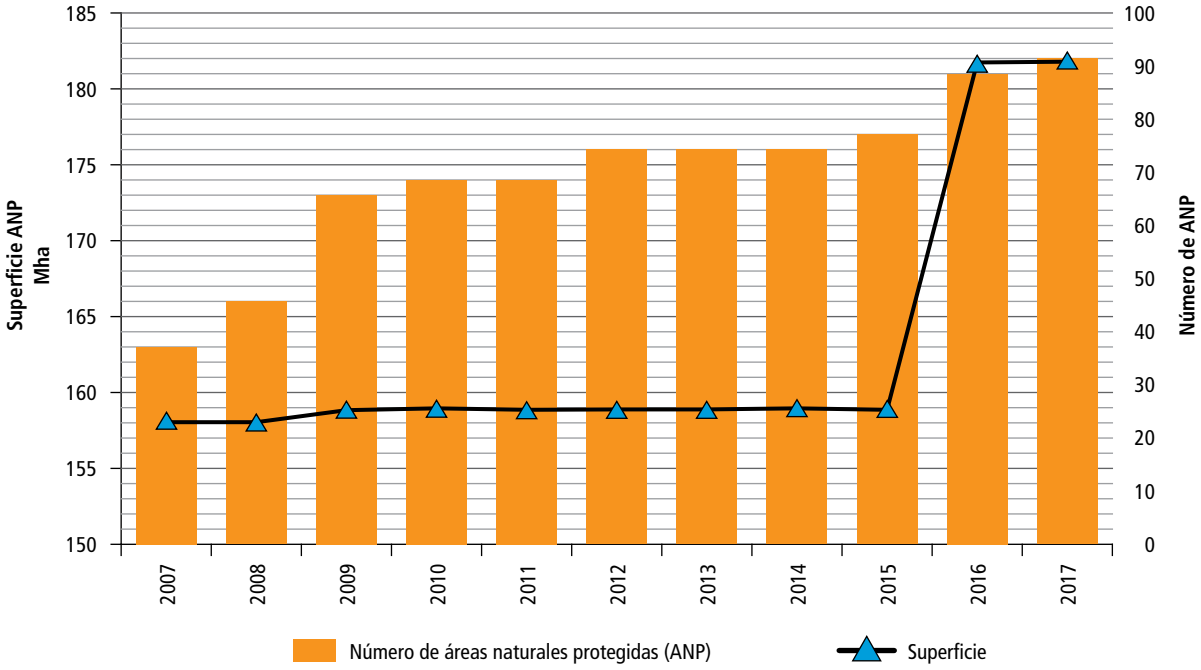
México cuenta con un marco legal, normativo, con instrumentos y sistemas que apoyan el desarrollo de la política pública sobre bosques, pero es necesario el fortalecimiento de los mismos, en particular, en temas relacionados con la verificación y monitoreo en el largo plazo para asegurar el cumplimiento de las acciones que se realizan en materia ambiental; esto representa un gran reto debido a los recortes presupuestales que se tienen en este sector del país.

Otra barrera que enfrenta el sector se relaciona con la rotación del personal, el cual debe ser especializado y requiere de una profesionalización para que se puedan crear las capacidades necesarias para dar continuidad a los programas y seguimiento de acciones.

El involucramiento de los diversos actores clave es prioritario, por lo que se debe fortalecer las instancias y foros de discusión, y la inclusión de los actores en la planeación de las acciones de mitigación, y considerar las necesidades de quienes dependen de los ecosistemas.

Si bien se trata de uno de los sectores en los cuales se tiene avanzado el tema de monitoreo, re-

Figura 3.40. **Superficie incorporada a la conservación a través de áreas naturales protegidas**



Fuente: (Gobierno de la República, 2017).

porte y verificación, aún falta el fortalecimiento en el tema con la participación de todos los actores, incluyendo el tema de MRV en la parte de financiamiento para mejorar la eficacia del sistema.

También es necesario profundizar en el análisis de las causas de la deforestación y la degradación forestal, ya que son variables a lo largo del territorio nacional, debido a las condiciones socio-ambientales que se presentan en las distintas regiones de la república.

Sector agricultura y ganadería

Panorama general

El objeto de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS) de México es fomentar el uso eficiente de las tierras de acuerdo con las condiciones agroambientales para la producción, y promueve la adopción de tecnologías para conservar y mejorar la productividad de las tierras, la biodiversidad y los servicios ambientales (Cámara de Diputados, 2001).

Como parte de la estrategia para fortalecer los vínculos interinstitucionales, dentro de la LGCC y de la LDRS, se crearon las comisiones intersecretariales de cambio climático y de desarrollo rural sustentable, con el fin de coordinar las acciones y los programas de las distintas dependencias y entidades federativas. Estas comisiones son un apoyo a la LGCC que busca la alineación y congruencia de los programas, presupuestos, políticas y acciones de los tres órdenes de gobierno para atender la problemática del cambio climático (Cámara de Diputados, 2001, 2012b).

Por su parte, la SAGARPA, a través de la *Planeación agrícola nacional 2017-2030,* publicada en 2017, espera alinear los distintos actores del sector agroalimentario en la consecución de un mismo objetivo (SAGARPA, 2017b). El propósito de esta planeación es garantizar la seguridad alimentaria de manera sostenible, y tiene dos líneas generales de política pública agrícola:

- Incrementar la producción sin aumentar la frontera agrícola.

- Optimizar el uso y la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

La primera línea tendría un impacto en el tema de cambio de uso del suelo, ya que se pretende intensificar la producción más que en expandir las áreas productivas, lo cual, se estima, disminuiría la presión sobre las áreas de los bosques.

De acuerdo con la SAGARPA, en los últimos años la actividad económica y producción asociada con este sector se ha incrementado a niveles históricos (SAGARPA, 2017a). Este incremento productivo se refleja en los últimos años del INEGYCEI del sector ya que, la TCMA de las emisiones en los últimos cinco años fue del 1.88% mientras que el ritmo de crecimiento en el periodo 1990-2015 fue de 0.7 por ciento. Las emisiones totales de GEI del sector agricultura y ganadería en el año 2015 fueron 102,059.50 $MtCO_2e$, de las cuales, 69% provinieron de las actividades ganaderas y 31% de las actividades agrícolas, cabe señalar que las actividades pecuarias, de acuerdo con el último INEGYCEI del sector, pasaron a ser una de las principales fuentes de emisión del país, al ubicarse en la tercera posición, por debajo de las emisiones de energía y transporte. El incremento de GEI del sector se relaciona con el aumento de la frontera agrícola, el mayor consumo de fertilizantes sintéticos, el crecimiento de la población animal y el consecuente incremento de la producción de excretas. La SAGARPA en su documento *Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario 2011-2030* (SAGARPA, 2011) plantea que el crecimiento de la producción se mantendrá y que se esperan tasas de crecimiento anual de 1.4% para bovinos, 1.03% para porcinos y 2.1% para el maíz blanco, entre otros productos agropecuarios. En este contexto, es necesario reforzar las acciones de mitigación para generar un desarrollo de bajas emisiones en los programas y actividades del sector.

Política de mitigación

La SAGARPA cuenta con ocho programas y 39 componentes sectoriales, de los cuales en materia de mitigación destacan: 1) fomento agrícola y 2) fomento ganadero (SAGARPA, 2013) (**Tabla 3.41**).

Principales acciones de mitigación

México contempla reducir el 8% las emisiones que provienen del sector agricultura y ganadería como parte de sus acciones en la CND mediante tres metas principales: impulso de la tecnificación sustentable del campo; instalación de biodigestores en granjas, y recuperación de pastizales (Gobierno de la República, 2015).

En la ganadería, SAGARPA ha buscado impulsar la productividad y adoptar tecnologías, para el apoyo, cuidado y mejoramiento de los recursos naturales de áreas ganaderas, a través de tres estrategias principales: capitalización, sustentabilidad e innovación y transferencia de tecnología (SAGARPA, 2013). Dentro de la estrategia de sustentabilidad se plantea reconfigurar el programa de fomento ganadero (PROGAN) con objetivos productivos y de sustentabilidad de la actividad acompañado de programas de manejo del suelo (SAGARPA, 2017c). Se estima que el PROGAN en 2017 alcanzó 12.9 Mha con prácticas de manejo de suelos que podrían representar una mitigación estimada de entre 0.46 y 2.37 $MtCO_2e$ (para mayor detalle sobre la estimación de la mitigación véase la ficha pecuaria del IBA).

Dentro del programa de fomento a la agricultura, el componente de energías renovables tiene por objeto fomentar el uso de energías renovables a partir de biomasa. Para el caso de las actividades agropecuarias, SAGARPA y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) realizaron proyectos de aprovechamiento de biomasa (manejo de excretas). Así, entre 2012 y 2017 apoyaron 244 proyectos para la implementación de biodigestores en unidades de producción pecuarias. El total de los proyectos apoyados representa una capacidad instalada de 266,602 metros cúbicos, distribuidos en 17 entidades federativas (FIRCO 2017) y una mitigación estimada de 0.51 $MtCO_2e$ (para mayor detalle de mitigación véase la ficha pecuaria del IBA).

Durante 2016, en el programa "Modernización sustentable de la agricultura tradicional" (MasAgro), a los 452 módulos experimentales instalados el año anterior se añadieron 170 (37.6%). El propósito fue valorar el uso de semillas mejoradas y el fomento de prácticas agrícolas enfocadas a la reducción del uso de maquinaria y la agricultura de conservación.

Se registraron 2,680 áreas de extensión para la adopción del modelo de intensificación sustentable y tecnologías MasAgro (SAGARPA, 2017c).

En el estado de Chiapas, a través del convenio de colaboración firmado entre CONABIO-SAGARPA, se establecieron acuerdos con productores de 84 localidades, que permitieron alcanzar 3,783.91 hectáreas con prácticas agroecológicas y agroforestales sin uso del fuego en sistemas de producción primaria (SEMARNAT, 2017).

Desde 2013 y hasta finales de 2017 se han implementado prácticas de "cosecha en verde", que consiste en cosechar la caña de azúcar sin la quema tradicional. Esta práctica se ha logrado implementar en 65,030 hectáreas (SEMARNAT, 2017).

A partir de 2017 se instrumentó el componente de mejoramiento productivo del suelo y agua, en su incentivo recuperación de suelos con degradación agroquímica, principalmente pérdida de la fertilidad; se otorgaron incentivos para 133 proyectos de bioinsumos, mejoradores de suelo, proyectos integrales de producción de compostas, lombricompostas y biofertilizantes, así como drenaje en terrenos agrícolas, lo que permitió atender una superficie de 7,009 hectáreas de diversos cultivos, tales como palma de aceite, plátano, limón, soya y sorgo. Con ello se redujo el uso de fertilizantes químicos en 490 toneladas (SAGARPA, 2017a).

Finalmente, es de resaltar que en la sexta reposición de recursos del Fondo Mundial para el Medio Ambiente se autorizó el proyecto de territorios productivos sostenibles, mediante el cual se busca promover un modelo de gestión territorial centrado en diversificar y reconvertir la producción rural para favorecer las actividades productivas socialmente incluyentes y amigables con el medio ambiente

Tabla 3.41. Programas y componentes de acción de la SAGARPA

Programa	Componente	Objetivo
1. Fomento a la agricultura	Energías renovables.	Fomentar la utilización de energías renovables que contribuyan a mitigar el impacto al medio ambiente, promover la sustentabilidad e incrementar rentabilidad.
	PROAGRO productivo.	Dar liquidez a las unidades económicas rurales agrícolas.
	Mejoramiento productivo de suelo y agua.	Optimizar los costos de producción y mitigar el impacto al medio ambiente a partir de mejoramiento productivo del suelo y agua, así como contribuir al uso eficiente y aprovechamiento de los recursos naturales asociados a la agricultura a partir de incentivos para la adopción de tecnologías y buenas prácticas agrícolas, así como coadyuvar en la integración de la biodiversidad en las actividades agrícolas.
	Investigación y desarrollo tecnológico agrícola.	Generar investigación, innovación, desarrollo tecnológico y transferir tecnología a los productores para solucionar problemas en la producción e integrar la biodiversidad.
	Estrategias integrales de política pública agrícola.	Impulsar el desarrollo regional integral de las cadenas productivas agrícolas prioritarias, con base en políticas públicas enfocadas en el incremento de la eficiencia del sector agrícola.
	Capitalización agrícola.	Incrementar la capacidad productiva de las unidades de económicas rurales agrícolas (UERA) con infraestructura, equipamiento, maquinaria y paquetes tecnológicos para el buen manejo en la producción, conservación y transformación de productos agrícolas.
2. Fomento ganadero	PROGAN productivo.	Otorgar apoyos económicos y en servicios a las unidades económicas pecuarias para incentivar la productividad de las especies pecuarias.
	Sustentabilidad pecuaria.	Apoyar a las unidades económicas pecuarias para la adquisición de bienes de apoyo que minimicen los efectos de los residuos y mejorar el control biológico de las explotaciones, así como restablecer ecológicamente los recursos naturales de la ganadería.
	Investigación y trasferencia de tecnología pecuaria.	Incentivar la adquisición de activos que permitan un cambio tecnológico sustantivo en la actividad.
	Estrategias integrales para la cadena productiva.	Incentivar económicamente a las unidades económicas pecuarias para incrementar su productividad a través de incentivos a la postproducción y material genético pecuario, manejo de ganado, ganado alimentario y SSP.
	Capitalización productiva pecuaria.	Apoyar a las unidades económicas, pesqueras y acuícolas para incrementar su capitalización.

Fuente: Elaboración INECC con información de SAGARPA, 2018 (SAGARPA, 2017c).

(Gobierno de la República, 2017). México trabaja para poder implementar este proyecto, que busca alinear las acciones del sector agropecuario con las tareas de conservación de la biodiversidad, y de mitigación y adaptación al cambio climático.

Rutas de implementación para la mitigación del sector agropecuario

México desarrolla desde hace tiempo una política agraria con un componente medioambiental importante. Este componente se integra dentro de una visión global que busca el desarrollo rural sostenible, la mejora de la eficiencia, la lucha contra la pobreza y la adaptación frente a los efectos del cambio climático. Actualmente en el país, se está desarrollando la ruta de implementación para la mitigación del sector agricultura y ganadería, en el que se están considerando y estimando el potencial de mitigación de las distintas medidas, algunas de las cuales se encuentran en implementación.

Un ejemplo claro es el programa MasAgro, a través del cual se desarrolla la meta de la agricultura de conservación. Esta meta tiene como objetivo implementar un manejo sostenible de los cultivos, en particular trigo y maíz. La agricultura de conservación se articula a través de tres grandes ejes: el primero tiene, por objetivo la reducción de la quema de residuos en el campo y la mayor incorporación del residuo a los suelos agrícolas consiguiendo un mejoramiento de las condiciones del suelo; se espera alcanzar una meta en 2030 de un 15 a 30% del residuo de la cosecha incorporado al suelo. El segundo eje se desarrolla a través de una mayor implantación de prácticas de conservación de los suelos agrícolas, como puede ser la reducción o eliminación de la labranza, que tienen el efecto de mejorar la calidad del suelo y, en particular, aumentar el depósito de carbono orgánico del suelo constituyendo un sumidero de carbono. Finalmente, en estas tierras se pretende fomentar la rotación de cultivos que reduce las necesidades de fertilización gracias al efecto fijador de las leguminosas.

Una segunda meta busca una reducción del consumo de fertilizantes sintéticos en los cultivos a través del uso de inoculantes, que son un insumo de nutrición vegetal elaborado con base en microorganismos que, al aplicarse al suelo o a las semillas, favorece el aprovechamiento de los nutrientes y reduce la necesidad de nitrógeno del cultivo. Se ha desarrollado un ambicioso objetivo de reducción de consumo de fertilizantes sintéticos nitrogenados que plantea una disminución de 28% del consumo en 2030.

Dentro del subsector pecuario se han identificado dos metas de mitigación. La primera se basa en la instalación de biodigestores en las granjas para realizar un manejo mejorado del estiércol. El uso eficiente de los biodigestores reduce de manera drástica las emisiones de metano en los complejos ganaderos, y el biogás generado es una posible fuente de producción de electricidad que puede sustituir a otras fuentes más contaminantes.

Finalmente, se plantea el desarrollo de una meta de mitigación que tenga como objeto la población ganadera en pastoreo. Para ello se pretende favorecer el buen manejo de los hatos a través de un conjunto de buenas prácticas medioambientales que reduzcan los impactos en la biomasa viva de los pastizales e impidan la degradación de los suelos.

Barreras del sector agropecuario

A partir de los resultados del INEGYCEI 1990-2015, es evidente que el sector es una importante fuente de emisiones, principalmente la fermentación entérica y la gestión de excretas. Sin embargo, en caso de no atender la degradación de los suelos agropecuarios, el cambio de uso de suelo de las tierras forestales a cultivos y praderas se convertirán en importantes fuentes de emisión. Para el sector agricultura y ganadería será un reto alcanzar los objetivos de mitigación planteados en la CND, puesto que requiere satisfacer la demanda de alimento del país mientras reduce las emisiones. En este sentido el sector requerirá programas específicos para la mitigación de emisiones y la adaptación al cambio climático

Finalmente, como se había mencionado antes, es necesario fortalecer el desarrollo de la política pública sobre cambio climático y de los sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de las acciones implementadas en el sector, así como la vinculación entre los distintos sistemas e instituciones.

Medición, reporte y verificación (MRV)

En el marco del Acuerdo de París, México continúa en la ruta del fortalecimiento del sistema de MRV para dar cuenta de manera transparente y confiable del avance de las acciones de mitigación, promovidas e implementadas desde los distintos sectores de la economía nacional.

Para cumplir con lo que establece la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y con los compromisos internacionales en materia de mitigación –particularmente las metas establecidas en la CND–, México está construyendo un sistema nacional de MRV para dar seguimiento a los avances de las medidas y acciones de mitigación o reducción de emisiones de las diversas fuentes y sectores relevantes en el país, acompañado del desarrollo metodológico para cuantificar la mitigación.

Recientes modificaciones a la LGCC publicadas el pasado 13 de julio de 2018 (Cámara de Diputados, 2012a) incorporan funciones de seguimiento y reporte de avances de las CND como sigue:

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), con el apoyo de la SEMARNAT y la opinión del Consejo de Cambio Climático (CCC): revisar e informar sobre el avance de la ENCC y la CND (artículo 47 LGCC); dar seguimiento a la CND, como nuevo elemento, además de la políticas, acciones y metas previstas en la LGCC, las evaluaciones de la ENCC, el PECC y los programas estatales (artículo 57 LGCC).

El MRV constituye un medio para dar seguimiento a los compromisos de mitigación y mostrar el progreso de dichas reducciones de manera transparente y confiable. El sistema nacional de MRV tiene por objeto integrar la información periódica y oportuna para el seguimiento, consolidando los arreglos institucionales necesarios, con una temporalidad de actualización de la información definida. El diseño del MRV en México partirá de un análisis de los sistemas de seguimiento existentes, para que pueda sistematizarse y mejorarse en la calidad, detalle y periodos de actualización de los datos.

En materia de emisiones, el *Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero* (INEGYCEI) ha logrado una madurez importante. Forma parte del Sistema de Información sobre el Cambio Climático y es, desde 2014, información de interés nacional –oficial y de uso obligatorio para los tres órdenes de gobierno–, como lo indica la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. En 2018 se concluyó y publicó su actualización para el periodo 1990-2015 con base en las metodologías del IPCC 2006. Como pasos siguientes en la mejora del INEGYCEI desde el punto de vista de MRV, se tiene previsto el diseño e implementación de un sistema de gestión de la calidad con objeto de estandarizar y sistematizar el proceso de su elaboración.

Por su parte, el componente de emisiones del registro nacional de emisiones (RENE) se encuentra reglamentado e incluye directrices en materia de MRV. Dicho instrumento de política pública se planteó en la LGCC publicada el 6 de junio de 2012 y está en operación de manera obligatoria para los establecimientos sujetos a reporte.

El reglamento de la LGCC en materia del RENE, publicado en el *DOF* el 28 de octubre de 2014, establece que los establecimientos sujetos a reporte son aquellos que en total emitan más de 25,000 toneladas de dióxido de carbono equivalente al año, y que pertenezcan a alguno de los sectores y subsectores listados en el artículo 4 de ese reglamento.

El reporte de emisiones se realiza a través de la cédula de operación anual (COA), lo que implica una coordinación de instituciones y dependencias gubernamentales, incluyendo a la SEMARNAT; al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, que financió la plataforma en línea, y al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en donde se encuentra alojada la plataforma de la COA. Cabe destacar que el número de establecimientos que han reportado emisiones de GEI ha aumentado de 556 a 881 desde su inicio en 2014 hasta 2016, de los cuales la mayoría pertenece al sector industrial seguido del sector energía. En la **Tabla 3.42** se muestra la información de las emisiones reportadas para cada año y actualmente está en proceso el reporte de la información de 2017.

Tabla 3.42. Emisiones reportadas anuales en el registro nacional de emisiones (RENE)

Sector	2014	2015	2016
		$MtCO_2e$	
Energía	139.84	215.44	637.04
Transporte	6.7	12.85	28.52
Industrial	180.93	267.99	417.67
Agropecuario	0.44	0.57	7.58
Residuos	-	19.48	6.09
Comercio y servicios	12.38	16.24	28.91
Total general	340.29	532.57	1,125.81

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018 (SEMARNAT, 2018c).

En línea con lo que se establece en un esquema de MRV, actualmente el reglamento prevé como parte de las obligaciones de los establecimientos sujetos a reporte, la verificación de los suyos cada tres años. Ésta debe llevarse a cabo por un tercero acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobado por PROFEPA. Actualmente se cuenta con un padrón de nueve organismos de certificación para la verificación y validación de emisiones de GEI (conocidos como OC-VV-GEI) acreditados y aprobados para efectos del RENE.

Como parte de la implementación de la verificación de emisiones en 2017, la SEMARNAT publicó en la página del RENE los "Criterios para la verificación de los reportes de emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero en el marco del RENE", con el objetivo de homologar el desempeño de los servicios de verificación.

Como resultado del primer ejercicio de verificación, se cuenta con 107 dictámenes de verificación de los establecimientos que reportaron más de 1,000,000 de toneladas de dióxido de carbono equivalente (1 $MtCO_2e$) en 2016. Cabe mencionar que para 2018 se espera la verificación de aproximadamente 400 reportes de emisiones, de aquellos establecimientos que se encuentran en el umbral de 100,000 a 999,999 toneladas de CO_2 equivalente.

Adicionalmente, la SEMARNAT se encuentra trabajando en el proyecto de la norma de verificación de GEI, con la finalidad de garantizar la calidad de la información reportada al registro, para lo cual ha convocado a diez sesiones de trabajo al grupo integrado por el sector académico, social, organismos verificadores, establecimientos sujetos a reporte, gobierno, entidad de acreditación y expertos en estimación de emisiones de GEI. Al momento, se cuenta con un borrador que seguirá el procedimiento de consulta pública y publicación en el *Diario Oficial de la Federación*, previsto para 2018.

En relación con el MRV de las acciones de mitigación, resalta el *Programa especial de cambio climático* (PECC) como instrumento de planeación señalado en la LGCC. El PECC representa la contribución de la administración pública federal a la mitigación del cambio climático y está sujeto a evaluación por el INECC, así como a auditoría por parte de la Auditoría Superior de la Federación. El PECC 2014-2018 contiene 199 líneas de acción correspondientes a adaptación, a mitigación y a la construcción o fortalecimiento de una política en materia de cambio climático. Los avances del PECC se informan anualmente y están disponibles al público en el sitio oficial de la SEMARNAT.[28]

Por último, en el marco de los trabajos técnicos para el plan de instrumentación de la CND de México, el INECC realizó el análisis técnico de las rutas de mitigación para los diversos sectores de la economía. Este trabajo incluyó una revisión del enfoque de MRV y arreglos institucionales necesarios para dar seguimiento al avance de las medidas con mayor potencial de mitigación de GEI, donde el marco de referencia es la información que se requiere para integrar el INEGYCEI y las líneas base sectoriales para la estimación y proyección de los escenarios futuros de emisiones al considerar la instrumentación de las medidas de mitigación más costo-eficientes. Se tomaron en consideración las fuentes de información y los mecanismos de registro existentes y requeridos para cada sector, los actores clave en la integración de la información y se plantearon indicadores de seguimiento para las medidas analizadas que podrán considerar los actores responsables de instrumentar las acciones.

[28] Informes disponibles en http://www.semarnat.gob.mx/gob-mx/transparencia/trendicion.html

Fundamento jurídico

En materia de MRV, la LGCC incluye al MRV de emisiones dentro de los objetivos de las políticas públicas para la mitigación (artículo 33, F.VII). Entre las disposiciones relacionadas con MRV para distintos actores, instrumentos y programas se consideran las siguientes:

- Establecimiento de metas de reducción de emisiones por sector (artículo 32, F.II).
- Políticas y actividades voluntarias para el fomento de capacidades nacionales, deben considerar, entre otras cosas, un análisis de las formas de medición, reporte y verificación (artículo 32, F.I).
- La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático tiene entre sus funciones la de promover el fortalecimiento de las capacidades nacionales de monitoreo, reporte y verificación, en materia de mitigación o absorción de emisiones (artículo 47, FXII).
- En los ámbitos municipal, estatal y regional, los programas de las entidades federativas deberán contener, entre otros, la medición, reporte y verificación de las medidas y acciones de mitigación (artículo 72, F.IV).
- El PECC deberá contenerla medición, el reporte y la verificación de las medidas y acciones de mitigación propuestas (artículo 67, F.IX).
- Sistema MRV para el registro de emisiones, así como la posibilidad de inscribir los proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación de emisiones (artículo 87, F.IV y artículo 89). Las disposiciones reglamentarias establecerán procedimientos de MRV y, en su caso, para la certificación de las reducciones de emisiones obtenidas en proyectos inscritos en el registro (artículo 90).
- Sistema voluntario de comercio de emisiones, con el objetivo de promover reducciones de emisiones que puedan llevarse a cabo con el menor costo posible, de forma medible, reportable y verificable (artículo 94).
- La evaluación de la política nacional de cambio climático, misma que en materia de mitigación incluye el establecimiento de metodologías que permitan medir, reportar y verificar las emisiones (artículo 102, F.IX).

Política regulatoria y normatividad

En el país existe una gama amplia de normas oficiales mexicanas (NOM) y normas mexicanas (NMX), que corresponden a instrumentos regulatorios. Ambas regulan aspectos técnicos con la diferencia de que las primeras son de carácter obligatorio y las segundas, voluntarias.

Hay NOM y NMX que podrían traducirse en reducción de emisiones de GEI siempre y cuando sean observadas por los sujetos obligados. Por ejemplo, en el tema energético, hasta junio de 2017 el país contaba con 30 NOM de eficiencia energética vigentes, así como un sistema de evaluación de la conformidad encargado del cumplimiento de las normas que incluye a ocho organismos de certificación, 71 laboratorios de prueba y 205 unidades de verificación. Así, el país cuenta con un sistema de normalización en constante actualización.

Arreglos institucionales

En México, el marco jurídico y regulatorio, en particular la publicación de la LGCC en 2012 y su última modificación en 2018, así como la legislación derivada de la reforma energética de 2015, la Ley de Transición Energética (Cámara de Diputados, 2015), ha propiciado durante el último lustro la creación y fortalecimiento de arreglos institucionales generales e incluyentes que involucran no sólo a la totalidad de las secretarías de la administración pública federal, sino también a las entidades federativas y autoridades locales municipales, al Congreso, consejeros no gubernamentales y al INECC mediante la coordinación de evaluación. Todos estos actores forman parte del SINACC, que cuenta con un regla-

mento aprobado disponible públicamente[29] y cuyo objeto es promover la concurrencia, vinculación y congruencia de los programas, acciones e inversiones del gobierno federal, de las entidades federativas y de los municipios.

Por su parte, el reglamento de la LGCC en materia del registro nacional de emisiones (RENE) prevé los arreglos institucionales considerando los organismos para la verificación de emisiones o certificación de su reducción, visitas técnicas por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) dependiente de la SEMARNAT y la realización del reporte a través de la cédula de operación anual (COA), generando un reporte que se actualiza anualmente y es conocido por las empresas del sector público e industrial.

Al cierre de 2017, se contaba con un avance de 90% en el desarrollo del RENE (SEMARNAT, 2018a), mientras que el componente de mitigación para el registro de proyectos de reducción de emisiones está en desarrollo.

Algunos avances para el funcionamiento y mejora del RENE a partir de 2015 son los siguientes:

- Publicación del acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero.[30]
- Publicación del acuerdo por el que se establece la metodología para la medición directa de emisiones de dióxido de carbono.[31]
- Publicación del acuerdo por el que se da a conocer el instructivo y formato de la cédula de operación anual.[32]
- Se emitió aviso para el reporte del registro nacional de emisiones correspondiente al 1 de junio de 2017.
- Se emitieron los criterios para la verificación de los reportes de emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero en el marco del registro nacional de emisiones.[33]
- El primer periodo de reporte del RENE concluyó el 15 de febrero de 2016 y durante el primer año de funcionamiento se integró la información de emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero de los sectores de energía, industria, comercio y servicios, entre otros, con una respuesta favorable por parte de las empresas obligadas a reportar. Posteriormente, se ha continuado con la sistematización de los reportes de los siguientes periodos.
- La SEMARNAT, por conducto de la PROFEPA, ha aprobado nueve organismos de certificación para la verificación de dichos reportes de emisiones, a fin de tener la certeza de que la información reportada al RENE es confiable para fundamentar la toma de decisiones en materia de mitigación de emisiones.

La información compilada servirá para establecer políticas e instrumentos que ayuden al país a cumplir sus compromisos de reducción de emisiones. El siguiente paso para el desarrollo del MRV nacional será la implementación y el fomento del componente voluntario de mitigación a que se refiere la LGCC en el artículo 89, para que los interesados puedan inscribir los proyectos o actividades que tengan como resultado la reducción de las emisiones de GEI, que resulte en el otorgamiento de parte de SEMARNAT de certificados que acrediten la inscripción del proyecto o actividad y las reducciones registradas. Se espera que, con el paso del tiempo, puedan reconocer certificaciones obtenidas en registros internacionales (artículos 28 y 29, reglamento del RENE).

En el ámbito estatal son aún pocos los gobiernos que cuentan con sistemas o mecanismos de MRV, y no están concentrados por la autoridad nacional. Entre los que si los tienen se cuentan:

[29] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261940/Reglamento_Sistema_Nacional_de_Cambio_Clim_tico.pdf
[30] Publicado en el *DOF* el 03 de septiembre de 2015.
[31] Publicado en el *DOF* el 8 de septiembre de 2015.
[32] Publicado en el *DOF* el 14 de agosto de 2015.
[33] http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236036/Criterios_de_Verificacion_de_emisiones_de_GEI.pdf

- Ciudad de México, con el sistema MRV del programa de acción climática de la Ciudad de México (SSPACCM).
- Hidalgo, con el sistema MRV de la estrategia de acción climática del estado.
- Jalisco, con el sistema MRV del programa estatal de cambio climático y el sistema del programa de gestión de energía y carbono.
- Veracruz, con el sistema MRV y MyE de la agenda estatal de cambio climático.
- Yucatán, con el sistema del programa de gestión de energía y carbono.

Con respecto al sector forestal, a partir de 2015 México cuenta con el sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación (SNMRV) de las emisiones y absorciones de GEI que se estableció en la ENAREDD+. El sistema es relevante para dar cuenta de los avances de las emisiones/absorciones de GEI del sector forestal. Sus objetivos son monitorear la implementación de REDD+, evaluar el desempeño de la mitigación en el sector y generar información relevante para el diseño, implementación y seguimiento de políticas públicas del sector forestal. El SNMRV forma parte del sistema nacional de monitoreo forestal (SNMF), el cual se creó como parte de la institucionalización del MRV del sector. Asimismo, en octubre de 2016 se creó la unidad técnica especializada en monitoreo reporte y verificación (UTEMRV) para implementación y mejora del sistema.

El SNMRV integra la información del Inventario nacional forestal y de suelos (INFYS) y el uso de información cartográfica oficial derivada de tecnologías de sensores remotos que permite evaluar las variaciones en el contenido de carbono asociadas a la deforestación, la degradación, la permanencia y el incremento de los terrenos forestales. Éste se realiza por mandato jurídico y se derivó de la reforma del 4 de junio de 2012 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), que establece la necesidad de contar con un sistema nacional de monitoreo reporte y verificación, con el fin de evaluar y sistematizar la reducción de emisiones derivadas de acciones de prevención y combate de la deforestación y degradación de los ecosistemas forestales (REDD+).

El 5 de junio de 2018 se expidió la nueva LGDFS, que hace referencia, en el artículo 46, al "Sistema de Nacional de Medición, Reporte y Verificación" como una de las fuentes de información para el INFYS. Se consideran también los siguientes instrumentos de la política nacional en materia forestal:

- Sistema Nacional de información y gestión forestal

Tiene como objetivo registrar, integrar, organizar y difundir la información relacionada con la materia forestal.

- Sistema nacional de monitoreo forestal

Se establece como atribución de la Federación su implementación.

- Registro forestal nacional (artículos 10, 14 y 42)

Se establece como registro público y se señala como atribución de la Federación el diseño, la organización y la administración de dicho registro. La SEMARNAT tiene el mandato de regular, establecer, integrar, operar y mantener actualizado el registro.

La ENAREDD+, por su parte, dentro del Eje "Monitoreo, reporte y verificación y nivel de referencia", en favor de los arreglos institucionales, incluye el establecimiento de acuerdos y convenios de colaboración con los diferentes sectores e instituciones de carácter público que, en el ejercicio de sus atribuciones, se vinculen con la estrategia, así como con los gobiernos estatales, incluidas las comisiones intersecretariales correspondientes, para así asegurar la coordinación de sus programas e instrumentos de apoyo y que se reconozca a los agentes de acompañamiento como operadores e implementadores a escala local.

En el marco del *Memorándum de entendimiento* firmado por la SEMARNAT, la CONAFOR y el gobierno del estado de California en Estados Unidos, se trabajó en la implementación de los compromisos y actividades definidos en el plan de acción en materia de cambio climático. De manera particular, la SEMARNAT, la Agencia de Protección

Ambiental de California (CALEPA) y la Junta de Recursos Atmosféricos de California (ARB) continúan los trabajos para el desarrollo de un sistema entre México y el estado de California para el MRV de las emisiones de GEI, el diseño de un programa *Cap and Trade* y el diseño de políticas para atender los impactos del cambio climático, entre otros.

Asimismo, la CONAFOR y la ARB continúan trabajando para crear las bases de un protocolo de compensaciones forestales en el marco de un programa *Cap and Trade*.

Por otra parte, el 15 de junio de 2015 se publicó en el DOF, la norma NMX-AA-173-SCFI-2015, que establece las especificaciones y los requisitos mínimos para obtener el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento en los acervos de carbono generados por dichos proyectos. En 2018, en seguimiento a esta norma, se publicó el acuerdo por el que se establece el consejo técnico consultivo de la NMX-AA-173-SCFI-2015, para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento del acervo de carbono, presidido por CONAFOR e INECC.

Estudios, investigaciones y publicaciones

Se han llevado a cabo estudios e investigaciones que coadyuvaron al análisis y desarrollo del MRV de las acciones de mitigación en México, como se describe a continuación.

Durante 2016 y 2017, en el marco del proyecto de colaboración con Alemania, implementado por la GIZ y el INECC, denominado "Reglas de contabilidad para el logro de los objetivos de mitigación de los países no-Anexo I" (INECC-GIZ, 2018), se realizaron estudios que derivaron en las siguientes publicaciones disponibles en el sitio oficial del INECC:

- *Recomendaciones de buenas prácticas de MRV y contabilidad para México* (INECC, 2017), bajo el proyecto denominado: "Análisis de sistemas de MRV y contabilidad de países Anexo I: Lecciones aprendidas y buenas prácticas para países No Anexo I". El reporte presentó un análisis realizado por país[34] en el cual se identifican los elementos y brechas existentes, así como las buenas prácticas de MRV y contabilidad que serían aplicables para seguir desarrollando dichos sistemas. Con el fin de mantener coherencia en el análisis realizado, se identificaron tres elementos en común para un sistema MRV nacional: de emisiones, de acciones de mitigación y del financiamiento. Aunado a esto, se hizo un análisis del sistema de contabilidad previsto para México.
- *Análisis de necesidades de los sistemas de MRV sectoriales y nacionales en México* (INECC, 2016a). Tuvo como objetivo contribuir a la mejora de los sistemas de MRV en México, tanto en el ámbito sectorial como en el nacional. Con base en estudios previos se realizó un mapeo de las acciones de mitigación y un análisis cualitativo de instrumentos como NAMA, MDL, el registro nacional de emisiones (RENE), el *Programa especial de cambio climático* 2014-2018 (PECC), entre otros. Como resultado se identificaron elementos que pudieran sentar las bases del futuro desarrollo de un sistema MRV, así como barreras y necesidades para asegurar una contabilización estandarizada. También se identificó la necesidad de mejorar las metodologías existentes y avanzar en un esquema de reporte en los distintos niveles: a nivel sectorial, se identificó la necesidad de realizar mejoras en la calidad de la información y sus flujos, plataformas de verificación y adopción de mejores prácticas y se propone un enfoque de medición, reporte y verificación como una visión integral a los instrumentos y no dividido por componente M, R o V. Finalmente, se propuso una ruta de mejora en las dimensiones institucional, sectorial y de instrumentos para el corto y mediano plazo.

[34] Las buenas prácticas seleccionadas fueron: Chile NAMA MRV, GHGRP (Estados Unidos), proyectos clima de España, y UK Presupuestos de carbono (*carbon budgets*).

- Análisis del contexto regulatorio y de los arreglos institucionales para la asignación de funciones de medición, reporte, verificación en México (INECC, 2018 en proceso de publicación). Con el enfoque en fortalecer y clarificar los aspectos legales, marco regulatorio, arreglos institucionales y el mandato jurídico de las instituciones para el desarrollo e implementación de un sistema nacional de MRV, en el estudio se realizó primero la recopilación, revisión y análisis de la información existente en materia de mitigación en los instrumentos de política pública nacional, así como en el marco jurídico (instrumentos legales, reglamentarios y regulatorios). En segundo lugar, tras identificar los arreglos institucionales existentes en la materia, se puntualizaron hallazgos, fortalezas y debilidades. Por último, se realizan propuestas y recomendaciones generales y específicas por sector.

También durante 2017 y 2018 se desarrollaron otros estudios con enfoque sectorial de MRV, que se realizaron con recursos fiscales y del PNUD:

- En el sector USCUSS se llevó a cabo el estudio sobre mejoras metodológicas para los inventarios estatales de emisiones y absorciones de GEI por uso de suelo, la evaluación de utilidad y concordancia para el sistema nacional de MRV y su contribución en las CND (INECC, 2017a). El documento describe elementos teóricos y prácticos que pueden servir de orientación a los diferentes actores involucrados en el sector USCUSS, en especial a aquellos interesados en el tema de MRV, en material nacional y estatal. Destaca la importancia de la consistencia nacional/estatal y de contar con sistemas de MRV como un elemento central, disponible en el sitio oficial del INECC.
- Análisis de las rutas tecnológicas de mitigación para la instrumentación de la instrumentación de la contribución nacionalmente determinada (CND) en materia de reducción de GYCEI. En esta investigación se identificaron alternativas de mitigación para distintos sectores además de los elementos necesarios para la construcción o mejora del MRV para dar certeza del avance y cumplimiento de la CND (INECC, 2018a).

Para el análisis de las rutas de mitigación descritas anteriormente para cada sector, se tuvo presente desde el inicio considerar el enfoque de MRV necesario y viable para las medidas y sectores analizados, mediante el involucramiento de actores clave durante el proceso. Ello a fin de generar información relevante para la toma de decisiones en la planeación e instrumentación de las medidas de mitigación. Algunos de los aspectos técnicos más relevantes para el desarrollo de un esquema de seguimiento del MRV a nivel sectorial fueron los siguientes:

- Indicadores de avance: mecanismos de monitoreo, reporte y verificación existentes y necesarios.
- Metodologías para la cuantificación del potencial de las medidas de mitigación.
- Identificación de actores clave para cada uno de los componentes de MRV.
- Definición de roles y responsabilidades de los actores clave.
- Alineación de las medidas con los instrumentos nacionales de política pública.
- Identificación de las necesidades de fortalecimiento de capacidades y arreglos institucionales.
- Pasos previstos para el cumplimiento de las acciones.
- Mecanismos o instrumentos necesarios de financiamiento.

Dentro de la Alianza del Pacífico, como parte del desarrollo del tema de MRV se está previendo una colaboración entre los países de la Alianza, conformada por Chile, Colombia, México y Perú, para el desarrollo de capacidades, a través de la realización de actividades de interés conjunto. En marzo de 2018 se llevó a cabo un taller de trabajo del subgrupo técnico informal de MRV y cambio cli-

mático, con los objetivos de mejorar la conectividad y el alineación entre y dentro de cada equipo MRV; familiarización con el grado, el rango y la naturaleza del programa climático MRV de cada uno de los países; explorar los retos, sinergias y discutir oportunidades de mejoras en los sistemas de MRV, y trazar un camino para desarrollar capacidad hacia una arquitectura MRV dentro de la Alianza.

Por último, en general para el tema de MRV, se identificó como necesario que el fortalecimiento de capacidades continúe de manera permanente y cada vez más extendida para actores técnicos, tomadores de decisiones, responsables de instrumentos y del diseño e implementación de programas y acciones de los sectores público y privado.

Es relevante fortalecer el siguiente PECC respecto a las metodologías de MRV y continuar con los trabajos de desarrollo del componente de reporte de la mitigación del RENE.

3.2 Potencial de los mares para la mitigación del cambio climático

Los mares, elementos fundamentales del sistema climático de la Tierra, contribuyen a la regulación del clima a través del intercambio calórico entre las corrientes y la atmósfera. Capturan y almacenan CO_2 por medios físicos y biológicos y son eje del ciclo planetario del agua. Tienen un papel importante en los ciclos biogeoquímicos, contienen la mayor parte de la biodiversidad y son fuente de recursos naturales y actividades económicas.

Se han identificado algunas alteraciones en los océanos relacionadas con el cambio climático: elevación del nivel medio del mar; acidificación; aparición de zonas muertas o anóxicas; pérdida de especies; deterioro de ecosistemas; erosión de costas; declinación de pesquerías, e incremento de eventos hidrometeorológicos extremos. A esos problemas se suman otros factores de presión, como el vertimiento de fertilizantes químicos, la contaminación por plásticos, la sobrepesca, y varios más.

En los últimos años, la comunidad científica internacional ha revalorado el rol de los sistemas naturales en la mitigación del cambio climático. Si bien los bosques han sido históricamente el principal objetivo de esos esfuerzos, los océanos y, más recientemente, los ecosistemas costeros –particularmente los pastos marinos, las marismas y manglares– ahora son considerados importantes y efectivos sumideros de carbono.

El océano captura y almacena 50 veces más carbono que la atmósfera –aproximadamente 2,000 millones de Mg por año (Farrelly *et al.,* 2013)– y absorbe un aproximado de 20% a 35% de las emisiones de CO_2 antropogénico (Khatiwala *et al.,* 2009). Los ecosistemas costeros[35] secuestran hasta 202.4 millones de Mg de C por año y absorben entre 227.7 y 2,254.5 millones de $MgCO_2$ antropogénico (Howard *et al.,* 2014). En ello radica la importancia del carbono azul –carbono secuestrado por ecosistemas marinos y costeros–, una importante oportunidad de mitigación del cambio climático.

En tal contexto, México ha desarrollado diversos estudios de sus mares y ecosistemas costeros para documentar el potencial de mitigación, los efectos del cambio climático sobre ellos y las necesidades de adaptación. A continuación se mencionan los principales avances que se tienen en el país en esta materia.

[35] Basado en área global de manglares, marismas y pastos marinos (Mcleod E, Chmura GL, Bouillon S, *et al.* 2011. *A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2*. Front Ecol Environ 9: 552-60. Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, *et al.* (Eds). 2014. Supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: wetlands. Geneva, Switzerland: IPCC.

Contexto

México posee una gran superficie marina, mayor que la terrestre (65% y 35%, respectivamente). Limitan el territorio nacional dos regiones con cuatro mares principales: la del Pacífico, que alberga el Pacífico Mexicano y el Golfo de California, y la del Atlántico, que alberga el Golfo de México y el Mar Caribe. Los litorales alcanzan 11,600 km de extensión, y la zona económica exclusiva, 3,149,920 km². En los mares mexicanos hay más de 2,500 islas, que suman 5,083 km².

En tan vasto territorio hay una gran diversidad de ecosistemas, especies y recursos marinos; en los números, México ocupa el decimosegundo lugar mundial por su dotación de recursos y ecosistemas marinos costeros. Sin embargo, esta condición geográfica conlleva una gran exposición y vulnerabilidad a los efectos del cambio climático en las zonas marinas, costeras e insulares del país. Casi 18% de la población del país habita en los 265 municipios costeros: en la región del Pacífico se concentran 13.4 millones de habitantes, y en la del Golfo, 4.3 millones.

La necesidad de un manejo sostenible de los mares y costas de México es impostergable y constituye una importante base de articulación de políticas públicas para enfrentar los efectos del cambio climático. El gobierno federal ha suscrito los principales instrumentos internacionales en la materia, con lo que se obliga a cumplir los compromisos que se establecen en materia de derechos (Convención sobre el Derecho del Mar); prevención de la contaminación por vertimientos de desechos (Convenio de Londres) y por buques (MARPOL); conservación de la diversidad biológica, marina y costera (Mandato de Yakarta); protección del medio marino en la región del Gran Caribe (Convenio de Cartagena), entre otros.

México cuenta con un marco normativo y regulatorio que da certeza y legalidad a las actividades costeras y marinas. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley Federal del Mar y la Ley de Puertos, entre otras, establecen derechos y obligaciones para su protección, conservación y manejo sustentable. Asimismo, se cuenta con instrumentos institucionales de política, planeación y gestión para promover la coordinación de las dependencias del gobierno para el manejo integrado y sustentable de los mares. La Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES), por ejemplo, establece las bases para la gobernanza institucional, en tanto coordina las actividades de las dependencias y entidades de la administración pública federal para la planeación, ordenación y desarrollo sostenible de los mares. También la Comisión Nacional Coordinadora de Investigación Oceanográfica (CONACIO) trabaja con instituciones gubernamentales, universidades e instituciones de educación superior involucradas en la investigación oceanográfica del país; la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) desarrolla investigación y conocimiento sobre los mares y costas mexicanas e instrumenta el sistema satelital de monitoreo oceánico (SATMO), que proporciona información en tiempo real sobre la temperatura superficial del mar y de otros parámetros biofísicos del océano. Sin embargo, no hay aún programas coordinados de acción que aprovechen estos instrumentos institucionales de manera continuada.

En el ámbito internacional, México es signatario de las iniciativas *Because the Ocean* y *Ocean Pathway Partnership*. La primera fue lanzada por vez primera en la COP 21, al reconocerse que el océano juega un papel importante en la regulación del clima y es uno de los mayores receptores de sus impactos; *Because the Ocean* buscó identificar elementos para lograr que las contribuciones nacionalmente determinadas (CND) incluyeran compromisos relacionados con el océano. México ratificó su compromiso hacia la conservación y manejo sustentable de los océanos, al ser signatario, durante la COP 23, de la iniciativa *Ocean Pathway Partnership*, que busca coordinar coaliciones y alianzas para trabajar en el tema de interacción entre los océanos y el cambio climático.

En materia de investigación, hay un importante acervo de información acerca de los mares y sus recursos, pero el estudio de los efectos del cambio

climático en ellos es reciente y aún escaso. En una búsqueda realizada (INECC-PNUD, 2018), se encontraron 416 documentos, de los cuales 172 fueron artículos indexados, 79 tesis, 48 libros y 117 documentos institucionales. Predomina la información acerca de la región del Golfo de México, después la del Pacífico, seguida por la del Mar Caribe mexicano. Los temas más estudiados son: efectos del cambio climático en la zona costero-marina; organismos marino-costeros; procesos costeros; política, manejo y legislación, y adaptación al cambio climático. Los temas con menor número de publicaciones fueron acidificación de los mares, atlas de riesgos y peligros y economía del cambio climático.

Impactos del cambio climático en los mares de México

El cambio climático ocasiona diversos impactos en los mares del mundo. En el caso de los mares mexicanos, se han identificado algunos de ellos, como son el aumento de la temperatura y el nivel del mar, la acidificación, la degradación de ecosistemas costeros, cambios en los patrones de migración de especies y un declive de las pesquerías. Por supuesto que muchas de estas situaciones, por origen y consecuencias, se relacionan con las actividades humanas.

Aumento de la temperatura de la superficie del mar

El aumento de la temperatura del mar provoca el incremento en la tasa de evaporación y afecta el contenido de oxígeno disuelto, así como la proliferación de especies invasoras, los cambios en los patrones de migración de algunas especies, e incluso la extinción de una o varias de ellas, entre otros efectos. De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), los ecosistemas marinos pueden ser muy sensibles al más mínimo cambio en las temperaturas (IPCC, 2001).

El Instituto Nacional de la Pesca (INAPESCA) llevó a cabo un estudio durante tres años, mediante el cual pudo apreciar variaciones de la temperatura en diferentes regiones oceánicas de aguas mexicanas con señal de cambio climático porque van más allá de la variabilidad estacional de temperatura (INAPESCA, 2015).

Incremento del nivel del mar

Una consecuencia asociada con el aumento de la temperatura de los mares y el deshielo de los casquetes polares, debido al calentamiento global, es la elevación del nivel medio del mar y la exacerbación de los procesos de erosión en las costas arenosas, dando lugar a la degradación de importantes ecosistemas costeros como manglares y humedales, dunas y playas, además de afectaciones a la infraestructura costera, viviendas, carreteras, muelles, puertos, puentes, etc., siendo mucho mayor el efecto tanto en zonas bajas costeras como en islas.

En México, un estudio de vulnerabilidad realizado en la costa del estado de Tabasco, encontró que los sitios con mayor vulnerabilidad por inundación se encuentran frente a los sistemas lagunares costeros más importantes del estado, a saber, Carmen-Pajonal Machona y Mecoacán (Núñez-Gómez *et al.*, 2017). Por otra parte, otro estudio encontró que la zona costera de Tabasco y Campeche presenta una extrema vulnerabilidad geomorfológica con posible inundación ante el ascenso del nivel del mar (Ramos Reyes *et al.*, 2016).

En otro estudio sobre evaluación de impactos del cambio climático en las islas de México y su área de influencia, se estimó que, ante un escenario hipotético de elevación de cinco metros en el nivel del mar, el país corre el riesgo de perder 4.3% de su zona económica exclusiva debido a la inundación del arrecife Alacranes y el cayo Arenas, ubicados en el mar Caribe (INECC-PNUD, 2017a).

Mayor frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos

Otras afectaciones derivadas del aumento de la temperatura del agua marina se relacionan con la frecuencia e intensidad de eventos extremos como tormentas y ciclones tropicales y de eventos abruptos como turbonadas.

El aumento en el número de huracanes y tormentas tropicales durante los cien últimos años ha sido asociado con el aumento de las temperaturas marinas. Según diversos autores citados por De la Lanza *et al.* (2017), el principal componente causante de la variación interanual de los ciclones es la oscilación del sur "El Niño" (ENSO, por *El Nino/Southern Oscillation*) que es una fluctuación natural de las temperaturas superficiales del mar y la presión superficial de aire del Océano Pacífico Tropical entre el este y el oeste.

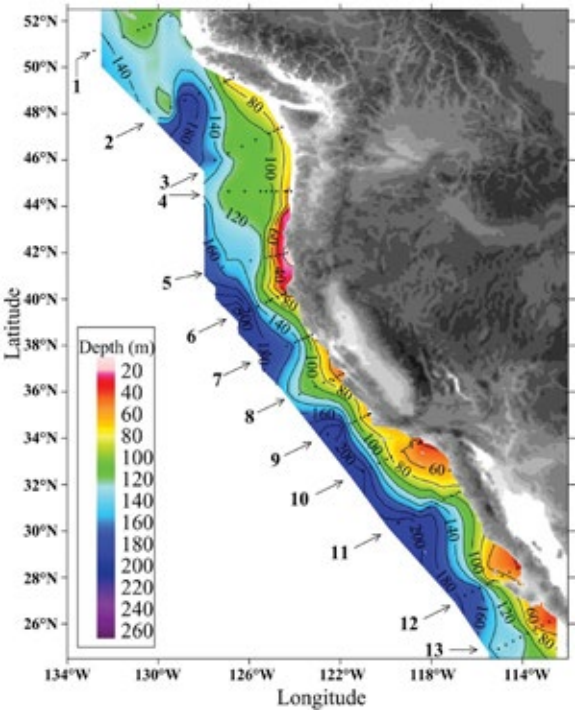
Existen otros factores climáticos que han sido asociados con el número e intensidad de los ciclones. Por ejemplo, la oscilación decenal del Pacífico y la multidecenal del Atlántico; índices que se basan principalmente en la temperatura superficial del mar, representadas en una fase fría y una cálida, cada una con una duración entre 20 a 40 años (Schlesinger y Ramankutty, 1994; En Eld *et al.,* 2001; Knight *et al.,* 2006; Zhang y Delworth 2006; Trenberth y Shea, 2006; Cook, 2010 y Skeptical Science, 2011) (citados por De la Lanza *et al.,* 2017).

Acidificación de las costas del Pacífico mexicano

La captura continua de CO_2 por las aguas superficiales de los océanos forma el ácido carbónico (H_2CO_3) que, al interactuar con el agua de mar, las ha vuelto paulatinamente más ácidas y corrosivas, lo cual impacta a algunos organismos marinos. Durante unos 250 años, la superficie de los océanos ha capturado un tercio del total de las emisiones de CO_2 de la atmósfera, lo que equivale a más de 550,000 millones de toneladas de carbono. En este contexto, los efectos que se producen en algunas especies del fitoplancton y otras especies vulnerables por su estructura calcárea podrían alterar las redes tróficas marinas, lo que a su vez afectará las pesquerías de México y pondría en riesgo la seguridad alimentaria de millones de personas.

En un estudio realizado en 2017 (Hernández Ayón, *et al.*, 2017) se reportaron valores de pH hasta 7.6 cerca de la superficie en las costas del Pacífico, desde Canadá hasta el sur de la Península de Baja California en México, cuando el valor normal de pH debiera encontrarse entre 8 y 8.1, producto del transporte de aguas frías por surgencias costeras. Lo relevante de este hallazgo, fue que los valores presentaron diferencias negativas de 0.5 de pH con respecto al de aguas superficiales, por lo que dichos valores fueron la primera evidencia de la presencia de aguas corrosivas no sólo en Canadá y EUA, sino también en las costas mexicanas debido a la acidificación del mar por absorción de CO_2 (**Figura 3.41**).

Figura 3.41. **Distribución espacial de la profundidad en metros del agua corrosiva con valor de pH= 7.6**



Registros a lo largo de la plataforma continental de las costas de Norteamérica. Sobresalen los valores bajos a menor profundidad cerca de las costas (Fuente: Feely *et al.*, 2008).

Los efectos de la acidificación del mar se pueden apreciar en los corales, que se consideran entre los ecosistemas más productivos y responsables de sostener cadenas alimentarias cruciales para la vida marina, además de ser muy importantes para las pesquerías comerciales y el sector turismo.

México cuenta con importantes arrecifes coralinos, entre ellos la porción norte del Arrecife Mesoamericano, que es la barrera de coral más larga del hemisferio occidental y la segunda del planeta. Este arrecife, compartido por cuatro países –Belice, Guatemala, Honduras y México–, se extiende a lo largo de 1,000 km de costas, y hay otros arrecifes de importancia, tanto en el Golfo de México como en el Pacífico mexicano.

Una evaluación de la influencia de la acidificación del mar en los arrecifes del Pacífico mexicano realizada a partir del análisis del crecimiento de una especie de coral, encontró una reducción en sus tasas de calcificación y áreas de desnitrificación con efectos en las tasas de crecimiento (Cabral Tena, R.A. 2014).

El Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California y el CICESE también llevan a cabo estudios y monitoreo sobre los impactos de la acidificación en estuarios y ecosistemas costeros mexicanos (Cox, T.E. *et al.*, 2015).

En la mayoría de los estudios sobre los organismos marinos sólo se han examinado las reacciones de determinadas especies a un factor ambiental, como el aumento en la acidez o la temperatura. El estudio incipiente de estos fenómenos no permite saber aún cómo se adaptarán los diferentes organismos, por lo que conviene realizar estudios a largo plazo y experimentos bajo escenarios de cambio climático y con ello gestionar de manera óptima los ecosistemas marinos frente a la acidificación y otras amenazas combinadas.

Vulnerabilidad de pesquerías comerciales

Los factores que afectan a las pesquerías son múltiples y de diferentes fuentes, por lo que llevar a cabo una evaluación de los efectos del cambio climático en las poblaciones pesqueras sería muy arriesgado en este momento. No obstante, en recursos pesqueros, una fuente de variación altamente significativa es el esfuerzo de pesca. Por la ausencia de datos, se ha supuesto que la captura es un aceptable índice de abundancia poblacional, al menos en las pesquerías que son explotadas al máximo de su capacidad de producción biológica. Detrás de este supuesto, si la pesca se sostiene en los mismos niveles, es entonces cuando se puede suponer de manera aceptable que sería el cambio climático, a través del indicador de temperatura, el inductor de los cambios poblacionales (INECC-PNUD, 2018).

En este contexto, se ha encontrado evidencia de la existencia de una relación entre el calentamiento del mar y el incremento en la producción de algunas especies. Por ejemplo, se ha encontrado evidencia de la relación entre calentamiento del sistema del Pacífico Este, con el incremento en la producción de sardinas (Martínez Arroyo *et al.*, 2011). Asimismo, se han utilizado modelos para estimar la sensibilidad de los recursos pesqueros a los cambios de temperatura y se ha determinado la relación entre variaciones en la abundancia poblacional de algunas especies y ésta (Lluch Belda, D., 2012) (**Tabla 3.43**). Si se considera que el efecto de la temperatura es un evento continuo, al actuar la perturbación habría un tránsito o flujo continuo entre los estados "vulnerable y no vulnerable" de la población.

Los ecosistemas costeros en el almacenamiento y captura de carbono

De todo el carbono orgánico capturado en la Tierra, más de la mitad (55%) se almacena en el medio marino, donde permanece durante milenios; es decir, el mar es el sumidero de carbono más importante del planeta (Falkowski *et al.,* 2004). Los hábitats costeros como los manglares, los pastos marinos y las marismas han sido reconocidos como ecosistemas estratégicos para soportar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático (Howard *et al.,* 2014).

Los ecosistemas costeros proporcionan numerosos beneficios y servicios que contribuyen a la

Tabla 3.43. Estimaciones de sensibilidad y vulnerabilidad al cambio climático, expresado con respecto a la temperatura superficial del mar, para diferentes recursos pesqueros de México

Nombre común	Nombre científico	Región de México	Nivel Trófico	Sensibilidad (σi)	Vulnerabilidad (j)
Mero	*Epinephelus morio*	Costa norte de Yucatán	5.0 1	-0.5510	1.1011
Tiburón	Varias especies	Campeche, Yucatán y Quintana Roo	4.7 1	-0.6512	0.8911
Huachinango del Golfo	*Lutjanus campechanus*	Yucatán	4.3 2	-0.5442	0.9439
Pulpo	*Octopus maya* y *O. vulgaris*	Campeche y Yucatán	4.2.2	0.6929	1.2037
Robalo	*Centropomus undecimales*	Campeche	4.2 3	0.6606	0.9796
Huachinango del Pacífico	*Lutjanus peru*	Pacífico central	3.4. 4	0.4698	0.9375
Corvina	*Sciaenops sp.*	Campeche	3.3. 2	0.5510	0.991
Robalo	*Centropomus undecimalis*	Noroeste del Golfo de México	3.3. 3	0.4893	1.0776
Langosta del Caribe	*Panulirus argus*	Mar Caribe mexicano	3.2 1,5	-0.3955	ns
Sardina	*Sardinops sagax*	Golfo de California	2.7 6	-0.5413	ns
Camarón rojo	*Farfantepenaeus brasiliensis*	Contoy, Caribe mexicano	2.3 3,5	-0.6054	0.9109
Camarón rosado	*Farfantepenaeus duorarum*	Sonda de Campeche	2.3 2	-0.6382	1.135
Camarón café	*Farfantepenaeus aztecus*	Noroeste del Golfo de México	2.3 2	0.5547	0.9112
Abulón	*Haliotis spp.*	Pacífico, Península	2.2 7	-0.5334	1.0397

Fuente: Lluch-Belda *et al.*, 2012.
El signo (σi) se refiere al sentido de la pendiente de la relación captura *vs.* Temperatura.

mitigación y adaptación al cambio climático. Entre ellos se pueden mencionar la protección contra inundaciones por tormentas, control de crecidas, la prevención de la erosión a lo largo de las costas, recarga de aguas subterráneas, suministro de agua dulce, el reciclamiento de los nutrientes, así como la captura y almacenamiento de carbono azul en sus sedimentos, biomasa viva (aérea y subterránea) y necromasa, en magnitudes mayores que los ecosistemas terrestres.

El término carbono azul hace referencia al carbono que captan y almacenan estos ecosistemas costeros. A diferencia de los ecosistemas terrestres, el carbono secuestrado en los suelos costeros puede ser extenso y permanecer atrapado durante periodos muy largos (siglos o milenios), resultando en grandes reservas de carbono (INECC-PNUD, 2017b).

Con una cobertura menor que 0.5% de la superficie marina, en un año los ecosistemas de carbono azul tienen la capacidad de captar y almacenar una cantidad de dióxido de carbono (CO_2) equivalente a aproximadamente la mitad de las emisiones generadas por el transporte en el mundo y en una magnitud mucho mayor que los ecosistemas terrestres (CONANP, 2017).

Los rasgos funcionales más importantes de los ecosistemas de carbono azul costero están asociados al ciclo de carbono en su suelo, en donde se puede almacenar entre 50-90% del total del carbono del ecosistema (Pendleton *et al.,* 2012). Adicionalmente, se ha evidenciado que la conservación y restauración de los ecosistemas de carbono azul costero también contribuyen a la adaptación al cambio climático de las comunidades que los habitan

(Bosire *et al.,* 2008), principalmente porque son barreras naturales de protección que retienen la erosión causada por vientos y mareas y reducen el impacto de fenómenos naturales extremos (Barbier, 2006; Alongi, 2008), incrementando la resiliencia de las comunidades costeras, y también por ser zonas de protección, crianza y desove de especies comerciales de peces, lo que actúa como soporte de la seguridad alimentaria de las poblaciones costeras (Espinoza, 2011; Flores-Verdugo *et al.,* 1990).

De acuerdo con la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA, 2016), los ecosistemas que capturan carbono azul en México ocupan una extensión de 17,588 km² (**Figura 3.42**).

La contribución que tienen los ecosistemas de carbono azul costero como sumideros de gases de efecto invernadero ha generado un rápido crecimiento de estudios a diversas escalas para estimar su potencial de mitigación al cambio climático (Thomas, 2014). En especial este desarrollo ha sido mayor para los ecosistemas de manglar y pastos marinos (Howard *et al.,* 2014; Kauffman & Donato, 2012). Asimismo, la importancia de estos ecosistemas ha comenzado a ser identificada dentro de los órganos de política internacional (UNEP, 2012; Murray & Vegh, 2012); el Acuerdo de París representa una importante ventana de oportunidad para incluir el carbono azul costero en las estrategias climáticas a través de las CND. En el caso de México, las CND reconocen los beneficios de adaptación de los ecosistemas costeros y los cobeneficios de mitigación de los ecosistemas naturales, por lo que el país se ha comprometido a tomar medidas puntuales de manejo, protección y reforestación de los ecosistemas marino-costeros.[36]

[36] http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf

Figura 3.42. **Distribución de manglares, marismas y pastos marinos en México**

Fuente: modificado de la CCA, 2016.

Humedales costeros

Los humedales costeros son la interfase entre los componentes acuáticos y los terrestres en la línea costera. Son ampliamente reconocidos por proveer servicios ecosistémicos tales como control de inundaciones, recarga de los acuíferos y remoción de nutrientes. Los humedales costeros de México consideran lagunas costeras someras con sus pastizales marinos, las marismas y oasis de la Península de Baja California; cenotes, aguadas, sartenejas, manglares, blanquizales y petenes de la Península de Yucatán, y popales, tulares, palmares y pastizales de selvas inundables de la planicie costera del Golfo de México.

A los humedales se les considera como importantes reservorios de carbono, debido al patrón de inundaciones que genera condiciones anaeróbicas y que desacelera la descomposición de la materia orgánica en sus suelos (Moreno-Casasola *et al.*, 2017). Se estima que los humedales del Pacífico sur mexicano tienen la capacidad de almacenar y capturar 2,917 $MgCO_2e$ ha^{-1} (797 MgC ha^{-1}); los manglares en zonas húmedas y subhúmedas del país, 1,936 $MgCO_2e$ ha^{-1} (529 MgC ha^{-1}), y los petenes de la Península de Yucatán, 3,161 $MgCO_2e$ ha^{-1} (1,042 MgC ha^{-1}). Entre los tres suman 8,014 $MgCO_2e$ ha^{-1} (2,368 MgC ha^{-1}) (INECC-PNUD 2017b).

Manglares

Los manglares son una formación vegetal leñosa, densa, arbórea o arbustiva de 1 a 30 metros de altura, compuesta de una o varias especies de mangle y con poca presencia de especies herbáceas y enredaderas. En México predominan cuatro especies de mangle: mangle rojo *(Rhizophora mangle),* blanco *(Laguncularia racemosa),* negro *(Avicennia germinans)* y botoncillo *(Conocarpus erectus)*. Estas especies se pueden encontrar formando asociaciones vegetales o en bosques monoespecíficos (Valderrama-Landeros *et al.*, 2017).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) actualizó la distribución de los manglares en México e identificó un predominio de ganancias sobre pérdidas, ya que de 764,774 ha estimadas en 2010, se pasó a 775,555 ha en 2015; es decir, se registró un incremento de 10,781 ha (1.4%). Los autores atribuyen este incremento principalmente a la dinámica entre el manglar, manglar perturbado y otros humedales. Durante el periodo 2010-2015, en los estados de Guerrero y Baja California hubo pérdidas netas de áreas de manglar por 1,448 ha (17.8%) y 117 ha (0.4%), respectivamente. Las ganancias netas de superficie de manglar se presentaron en Sinaloa, con 4,296 ha (5.6%); Quintana Roo, con 1,854 ha (1.4%), y Yucatán con 1,823 ha (2.0%) (Valderrama-Landeros *et al.,* 2017).

Respecto a la cobertura de manglar perturbado, las entidades que presentan la mayor cantidad de esta clase son Nayarit (6,016 ha), Campeche (2,067 ha), Sinaloa (1,851 ha) y Veracruz (1,740 ha). El incremento de superficie de esta clasificación resultó ser uno de los cambios de mayor relevancia en esta actualización; el único estado en el que no se registró este tipo de cobertura fue Baja California. Por otra parte, la región que posee la mayor superficie de manglar en esta actualización y en periodos previos es la Península de Yucatán con 421,926 ha (54.4%), seguida de la región Pacífico norte con 187,383 ha (24.2%). Entre las entidades federativas, Campeche es el estado que cuenta con la mayor superficie de manglares, con 198,853 ha (25.6%), seguido por Quintana Roo, con 129,902 ha (16.7%), y por Yucatán, con 93,171 ha (12.0%) (Valderrama-Landeros *et al.,* 2017).

En México son todavía escasos los estudios realizados con el enfoque y metodología apropiados para evaluar los almacenes de carbono. Sin embargo, se cuenta con estudios que presentan resultados parciales pero relevantes en este tema. Un estudio del almacenamiento de carbono en diferentes tipos ecológicos de manglar en nueve sitios dentro de la Reserva de Sian Ka'an, en Quintana Roo,[37] encontró que los manglares altos de tipo

[37] Adame MF, Kauffman JB, Medina I, Gamboa JN, Torres O, *et al.* (2013) *Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within*

petén presentan los valores más altos de almacenamiento de carbono: [987 ±338] Mg C ha^{-1}. Les siguen los manglares de Franja, con [623 ±41] Mg C ha^{-1}; los de tipo chaparro, con [381 ±52] Mg C ha^{-1}, y las marismas, con [177 ±73] Mg C ha^{-1}. A nivel de paisaje, los humedales costeros de Sian Ka'an cubren aproximadamente 172,176 ha, con capacidad de almacenaje de 43.2 a 58.0 millones de Mg de C. Este estudio registró que las mayores reservas de carbono orgánico se dan en sitios donde los valores de salinidad intersticial son relativamente bajos y la concentración de fósforo en los sedimentos es alta, así como la relación nitrógeno: fósforo es baja, sugiriendo que en estos sitios el fósforo limita el secuestro de carbono orgánico y el potencial de acumulación.

En otro estudio (Adame *et al.,* 2015) se evaluó el almacén de carbono en los manglares del área natural protegida La Encrucijada, en Chiapas; el reporte señaló que el almacén en el suelo del manglar es mayor en los sitios cercanos a los estuarios superiores de los ríos y disminuye hacia los inferiores (cercanos al mar), alcanzando niveles máximos de 3,445 Mg C ha^{-1}. La variabilidad del almacén de carbono en los manglares fue menor en el estuario superior ([744-912] Mg C ha^{-1}) en comparación con el promedio del estuario inferior ([537-1,115] Mg C ha^{-1}), probablemente como resultado de la acción dinámica del sitio.

En el área natural protegida de Marismas Nacionales, Nayarit, en el Pacífico norte de México, 18 estudios relacionados con carbono reportan que este sistema almacena aproximadamente 102 Mg C ha-1 (Rojas, R.B., 2011), Ezcurra *et al.* (2016) evaluaron el almacén de carbono subterráneo en cuatro sitios de las costas del Pacífico y mostraron que en zonas de clima muy árido, en el Pacífico norte, como Balandra, en Baja Califronia Sur, los sedimentos pueden contener entre 400 y 1,300 Mg C ha^{-1}, mientras que en Bahía Magdalena son menores (200 a 400 Mg C ha^{-1}). Para Marismas Nacionales, que se encuentra en clima subhúmedo, se observó que, a pesar de la gran extensión de estos pantanos costeros, presentó los valores más bajos de carbón subterráneo de los cuatro sitios (300 Mg C ha^{-1}). Por su parte, La Encrucijada, ubicada en una zona de clima húmedo, presentó los sedimentos más profundos y ricos en carbono de los cuatro sitios analizados, registrándose valores máximos de 2,000 Mg C ha^{-1}.

Otro trabajo evaluó las reservas de carbono de los manglares y la pérdida o emisiones derivadas de la conversión del uso de suelo del manglar a pastos ganaderos en la región de Pantanos de Centla, Tabasco (Kaufman *et al.*, 2016). Reportó que el valor del almacén de carbono total en estos manglares se encuentra entre 342 y 2,098 Mg C ha^{-1}, con una media de 1,358 Mg C ha^{-1}.

Pech-Cárdenas y Herrera-Silveira (2017) estimaron que el almacén aéreo total y ecosistémico del área de manglar en el ejido San Crisanto, Yucatán, en el Golfo de México, posterior a 14 años del paso de un huracán, tuvo un promedio de almacén de carbono aéreo de [97.42 ±8.82] Mg C ha^{-1}; el almacén de carbono posterior a la perturbación natural fue 65,563 toneladas de carbono, que equivalen a 240,616 $MgCO_2e$.

Para los humedales costeros del Pacífico norte y en la Península de Yucatán, se encontró que, en Puerto Morelos, Quintana Roo, el ecosistema cuenta con una extensión total de 3,508 ha, donde el almacén promedio de carbono aéreo fue estimado en 19.71 Mg C ha^{-1} (23.82 a 15.01 Mg C ha^{-1}) y la biomasa de árboles muertos en pie fue de 0.46 Mg C ha^{-1} (Cinco-Castro *et al.*, 2017).

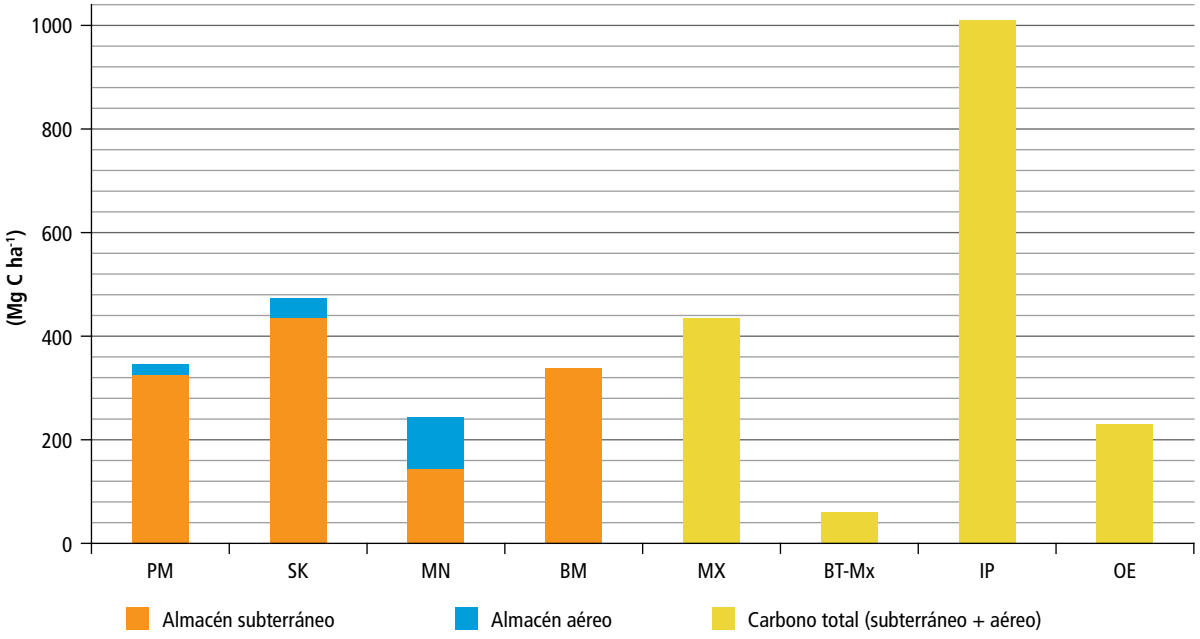
Gutiérrez-Mendoza y Herrera (2015) estimaron el almacenamiento de carbono en manglares (*Rhizophora mangle*), en donde el componente subterráneo, constituido por raíces gruesas, almacenó en promedio 27 Mg C ha-1; el almacén estimado del carbono total fue de 304 Mg C ha^{-1} (154 a 626 Mg C ha^{-1}) en los primeros 30 cm de suelo, valor que estandarizado a 1 m, representa 221 Mg C ha^{-1}. Asimismo, en ese estudio se compararon las concentraciones de carbono de los manglares, con el resultado de que el almacén subterráneo es mayor en Sian Ka'an, mientras que el almacén aéreo es mayor en Marismas Nacionales. En cuanto al promedio total

the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean. PLoS ONE 8(2): e56569. doi:10.1371/journal.pone.0056569, citado en INECC-PNUD (2017b).

reportado para otros manglares de México (Herrera-Silveira *et al.,* 2016), Sian Ka'an presentó los valores más altos, pero todos tuvieron valores superiores a los de otros bosques terrestres en México.

El INECC-PNUD (2017b) llevó a cabo una revisión de los almacenes de carbono (aéreo y subterráneo) en manglares a través de una búsqueda bibliográfica. Dicha información fue clasificada de acuerdo con las regiones de manglar (Pacífico norte, Pacífico centro, Pacífico sur, Golfo de México, Península de Yucatán); por clima, con base en el rango de humedad (húmedo, subhúmedo, muy árido, árido-semiárido); los recursos hídricos donde se pueden desarrollar los bosques de manglar, clasificándolos en cuatro categorías en relación con su geomorfología (río-estuarino, laguna costera, cárstico y marisma), y por el tipo ecológico de manglar (petén, ribereño, de franja, de cuenca, chaparro). Del análisis se obtuvo que la estimación del almacén de carbono total en los manglares mexicanos resultó en una media de 1,534 (15-5,262) $MgCO_2e$ ha-1 (426 Mg C ha^{-1}), 66% del cual está en los componentes subterráneos (suelos y raíces). Por regiones, se encontró que en el Pacífico sur se tiene el mayor registro de almacén subterráneo con 2,238 $MgCO_2e$ ha^{-1}, mientras que el mayor almacén aéreo se localiza en la Península de Yucatán (690 $MgCO_2e$ ha^{-1}). Por clima, en el húmedo se registró el mayor valor para el almacén aéreo con 712 $MgCO_2e$ ha^{-1} y para el subterráneo de 1,619 $MgCO_2e$ ha^{-1}; además se encontró que los manglares de clima muy árido pueden alcanzar valores de 1,497 $MgCO_2e$ ha^{-1} para el almacén subterráneo. De acuerdo con el ambiente geomorfológico, el mayor almacén aéreo se registró en lagunas costeras (621 $MgCO_2e$ ha^{-1}), y el almacén subterráneo más alto se estimó en ecosistemas de tipo río-estuarino (1,669 $MgCO_2e$ ha^{-1}). Por tipo ecológico, el manglar tipo petén presentó el promedio más alto para el almacén subterráneo de carbono (3,161 $MgCO_2e$ ha^{-1}), y el tipo ribereño para el almacén de carbono aéreo (847 $MgCO_2e$ ha^{-1}) (**Figura 3.43**).

Figura 3.43. **Almacén de carbono**



Puerto Morelos (PM), Sian Ka'an (SK), Marismas Nacionales (MN) y Bahía Magdalena (BM), por almacén evaluado comparado con el almacén total en manglares de México (MX) obtenido del promedio por región (Herrera-Silveira *et al.*, 2016), en otros bosques terrestres de México (BT-Mx), en manglares del Indo-Pacífico (IP) (Donato *et al.*, 2011) y en otros estudios (OE) (Wang *et al.*, 2013); (Jones *et al.*, 2014).
(Fuente: Cinco-Castro *et al.*, 2017).

Pastos marinos

La CONABIO (2017) define a las praderas de pastos marinos como ecosistemas dominados por plantas angiospermas (del latín *Angiospermae* y ésta del griego, *angíon,* vaso, y *sperma,* semilla) sumergidas bajo el agua marina. En el mundo se han registrado doce géneros de espermatofitas (antes conocidas como fanerógamas) marinas, con 49 especies.

Los pastos marinos se encuentran en todos los mares del país. En las costas del Océano Pacífico se han documentado cinco especies; siete en el Golfo de México, y cuatro en el Mar Caribe (Ibarra-Obando y Ríos, 1993). En estudios recientes se ha identificado una nueva especie, *Ruppia mexicana* n. sp., distribuida en el litoral de la Península de Yucatán (Den Hartog *et al.,* 2016). Según la NOM-059-SEMARNAT-2010, cuatro de estas especies están protegidas y cuatro se consideran amenazadas. En México se han registrado nueve especies dentro de seis géneros: pastos marinos *(Zostera marina, Phyllospadix scouleri, Phyllospadix torreyi);* hierba de tortuga *(Thalassia testudinum);* pastos marinos *(Halodule wrightii, Halodule beaudettei);* hierba de manatí *(Syringodium filiforme);* pasto marino *(Halophila decipiens)*, y pasto estrella *(Halophila engelmanni).*

Los pastos marinos son un componente notable dentro la comunidad de vegetación acuática sumergida en México, no sólo por su vasta distribución a lo largo de los litorales del país, sino también debido a la capacidad para fijar carbono en sus tejidos, y principalmente por la de almacenarlo en raíces y sedimentos.

En México, el estudio de los pastos marinos y su distribución data de 1950. De acuerdo con la CCA (2016) hay 919,300 ha de pastos marinos que están amenazadas por las actividades antropogénicas que se desarrollan en las zonas costeras del país. Actualmente se identifican las regiones del Golfo de California y de la Península de Yucatán como los sitios más importantes para este capital natural. La conservación de extensas camas de pastos marinos en el país podría abonar al ambicioso reto establecido en la COP 21, el cual plantea reducir la huella de carbono nacional a partir de 2026 (INECC-PNUD, 2017b).

México cuenta con pastos marinos de clima templado en el Golfo de California. Para la región tropical se ha documentado la importancia de los pastos marinos en Yucatán y la costa del Golfo de México, donde se presentan extensas praderas combinadas con algas marinas, en su mayoría especies clímax con gran capacidad para almacenar carbono (CCA, 2016); sin embargo, es en el Caribe donde la prevalencia de las praderas de pastos marinos está comprometida por el modelo de desarrollo turístico masivo que inició a mediados de los años setenta del siglo XX. La rápida pérdida de cobertura de pastos marinos que ha experimentado esta región podría ser hasta 50% de su cobertura original (INECC-PNUD México, 2017b).

La distribución espacial de pastos marinos en los litorales mexicanos sigue un patrón prácticamente continuo a lo largo de la Península de Yucatán y hasta Laguna de Términos, en Campeche, con presencia intermitente de vegetación sumergida a lo largo del Golfo de México. También se han reportado camas de pastos marinos en la desembocadura del río Coatzacoalcos, Veracruz y a lo largo de las costas de Chiapas (PNUD México, 2017b).

El Golfo de México y la Península de Yucatán son las regiones con los mayores reservorios de carbono orgánico total de pastos marinos; por otra parte, en el Pacífico norte se registraron los valores más bajos tanto en el almacén aéreo como en el subterráneo (**Tabla 3.44**).

Tabla 3.44. Intervalo y valor promedio del almacén de carbono aéreo y subterráneo en pastos marinos de tres regiones de México

$MgCO_2e\ ha^{-1}$

Región		Almacén aéreo	Almacén subterráneo	Total
Península de Yucatán	Intervalo	<1-28	<1-1,218	<1-1,246
	Media	3.5	397	400
Golfo de México	Intervalo	<1-25	<1-1,097	<1-1,122
	Media	3.05	401	404
Pacífico norte	Intervalo	<1-8	<1-892	<1-899
	Media	2.4	260	96

Fuente: Adaptado de INECC-PNUD (2017b).

En la **Figura 3.44** se ilustran los sitios de almacén de carbono subterráneo en pastos marinos por regiones geográficas de México.

En relación al carbono almacenado en forma aérea y subterránea se encontró que los sistemas cerrados, como bahías y lagunas costeras de la Península de Yucatán, son más eficientes al almacenar carbono aéreo; por el contrario, en sitios influidos por aportes fluviales, como los del Golfo de México, se presentan mayores almacenes de carbono aéreo (INECC-PNUD, 2017b).

De acuerdo con INECC-PNUD (2017b) y Fourqurean *et al.* (2012), el almacén por el componente vivo y subterráneo de los pastos marinos en México es comparable con lo reportado para la mayoría de estos sistemas en el mundo.

Con el estudio más reciente del INECC-PNUD (2017b) se obtuvo la primera estimación del almacenamiento potencial de carbono de los manglares y pastos marinos de México utilizando información de niveles 2 y 3, de acuerdo con los estándares del IPCC. Los valores estimados a través de la revisión de datos publicados (1,534 $MgCO_2e\ ha^{-1}$) indican que el promedio de carbono total en los manglares de México es similar al sugerido por el IPCC (2013) para las estimaciones de nivel 1. El valor promedio obtenido en esta revisión es mayor a los reportes oficiales de los valores de referencia de emisiones por uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (46.5 $MgCO_2e\ ha^{-1}$) donde agrupan a los manglares en vegetación primaria y secundaria hidrófila (CONAFOR, 2015; citado en INECC-PNUD, 2017b).

Para el territorio nacional, el almacén de carbono en manglares se estimó en 330 millones de toneladas de C, y el de pastos marinos en 42 millones de toneladas de C, de acuerdo con la cobertura de estos ecosistemas (INECC-PNUD, 2017b). Estos resultados indican que los almacenes de carbono y potencial de emisiones de mitigación de gases de efecto invernadero por manglares y pastos marinos de México son lo bastante grandes como para contribuir en escala regional o nacional e internacional, por lo que deben incluirse en programas relacionados con adaptación basada en ecosistemas y de incentivos para su conservación y restauración como los mercados voluntarios y regulatorios para mitigación.

Figura 3.44. Sitios de almacén de carbono en pastos marinos por regiones

Fuente: Adaptado de INECC-PNUD (2017b).

Referencias (Políticas y acciones de mitigación sectorial)

ANIQ. (2018). Tabla de estatus de avance en materia de cambio climático.

Banco de Desarrollo de América Latina, C. (2018). Observatorio de movilidad urbana. https://www.caf.com/es/temas/o/observatorio-de-movilidad-urbana/bases-de-datos/

BANOBRAS. (2018). Informes de Actividades 2013-2016. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.

Bello, J. (2016). Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Atotonilco. https://research.gsd.harvard.edu/zofnass/files/2016/08/05_Atoltonico_SP_FinalDocument.pdf

Cámara de Diputados. Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001). México.

Cámara de Diputados. Ley General de Cambio Climático (2012). https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Cámara de Diputados. Ley General de Cambio Climático (2012). México. http://www.aniq.org.mx/boletines/2013/assets/img/secciones mayo 2012/lgcc Con Drctvo ANIQ2 abr .pdf

Cámara de Diputados. Ley de Hidrocarburos, *Diario Oficial de la Federación* § (2014).

Cámara de Diputados. Ley de la Industria Eléctrica (2014). http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986 y fecha=11/08/2014

Cámara de Diputados. Ley orgánica de la administración pública federal (2014).

Cámara de Diputados. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (2014). Cámara de Diputados, Congreso de la Unión. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf

Cámara de Diputados. Ley de transición energética (2015). México.

Cámara de Diputados. Ley de Aguas Nacionales (2016). Cámara de Diputados, Congreso de la Unión. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf

Cámara de Diputados. (2017). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. *Diario Oficial de la Federación*. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Cámara de Diputados. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, *Diario Oficial de la Federación* § (2018). http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf

Cámara del Papel. (2018). Nota metodológica de la Cámara del papel. México Distrito Federal.

CANACERO. (2016). Infografía de la Industria del Acero en México 2017.

CANACERO. (2017). Panorama Siderúrgico 2016. Mexico City.

CCA. (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal. http://www3.cec.org/islandora/en/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf

CEMEX. (2018a). CEMEX-Sostenibilidad. https://www.cemexmexico.com/sostenibilidad

CEMEX. (2018b). CEMEX-Sostenibilidad.

CENACE. (2017). Contrato de largo plazo de cobertura eléctrica para la compraventa de potencia, energía eléctrica. http://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/cenace-3a-subasta-de-largo-plazo-slp-12017/

CEPAL / CONUEE. (2018). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43612/1/S1800496_es.pdf

Chadwick, D. R., Pain, B. F. y Brookman, S. K. E. (2000). Nitrous Oxide and Methane Emissions following Application of Animal Manures to Grassland. *Journal of Environment Quality*, 29 (1974), 277. https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900010035x

CNH. Disposiciones técnicas para el aprovechamiento del gas natural asociado, en la exploración y extracción de hidrocarburos (2016).

CNH. (2018). Sistema de Información de Hidrocarburos. https://portal.cnih.cnh.gob.mx/estadisticas.php

COCEF. (2013). Informe anual. http://www.cocef.org/uploads/files/2013cocefinformeanual-compressed.pdf

COCEF. (2015). Informe Anual 2015, 1689-1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

CONABIO. (2016). Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México 2016-2030 y Plan de Acción. Ciudad de México. https://doi.org/978-607-8328-76-5

CONAFOR. (2009). Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales. Resultados 2008. Zapopan.

CONAFOR. (2011). Servicios Ambientales y Cambio Climático. Zapopan. http://www.conafor.gob.mx: 8080/documentos/docs/5/2290Servicios Ambientales y Cambio Climático.pdf

CONAFOR. (2012). Programa de restauración forestal en cuencas hidrográficas prioritarias. Zapopan.

CONAFOR. (2013). Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018 (ENAIPROS). Zapopan.

CONAFOR. (2014a). Mexico´s Forest Reference Emission Level Proposal. Zapopan. http://redd.unfccc.int/submissions.html?country=mex

CONAFOR. (2014b). Programa Nacional Forestal 2013-2018. Avances y Resultados 2014.pdf. Ciudad de México.

CONAFOR. (2015a). Informe de Medio Término Proyecto Bosques y Cambio Climático. Zapopan.

CONAFOR. (2015b). Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, a 15 años de su creación. Zapopan: CONAFOR.

CONAFOR. (2015c). Programa Nacional Forestal 2013-2018. Avances y Resultados 2015. Zapopan.

CONAFOR. (2016a). Articulación del Sistema de Información de Salvaguardas. Versión final diciembre 2016. Zapopan.

CONAFOR. (2016b). Programa Nacional Forestal 2014-2018. Avances y Resultados 2016. Zapopan.

CONAFOR. (2017a). Documento de la Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE), México. Zapopan.

CONAFOR. (2017b). Estrategia Nacional REDD+ México 2017-2030. Zapopan. http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositoriodigital/items/show/546

CONAFOR. (2017c). Programa Nacional Forestal 2014-2018. Avances y Resultados 2017. Zapopan.

CONAFOR. (2018a). Inventario Nacional Forestal y de Suelos, Informe de Resultados 2009-2014. Zapopan.

CONAFOR. (2018b). Programas, acciones y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático: avances relevantes 2012-2017. Zapopan.

CONAGUA. (2011). Agenda del Agua 2030. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-3-11Cuadernillo-Agenda-del-Agua2030Final.pdf

CONAGUA. (2014). Programa Nacional Hídrico 2014-2018. CONAGUA Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Vol. 1). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

CONAGUA. (2016). Programa de Devolución de Derechos (PRODDER). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159176/Lineamientos_PRODDER_2016.pdf

CONAGUA. (2017a). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2016. http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-6-17.pdf

CONAGUA. (2017b). Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento 2017. http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-4-17.pdf

CONAGUA. (2018a). PROAGUA. Manual de Operación y Procedimientos 2018 Apartados: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) e incentivos por el tratamiento de aguas residuales (Incentivos). https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/proagua

CONAGUA. (2018b). Programa para el Desarrollo Integral de los Organismos Operadores de Agua y Saneamiento (PRODI). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187892/MOP_PRODI___12-Sept-2016_final.pdf

CONAGUA. Proyecto modificación NOM-001-SEMARNAT-2017 (2018). *Diario Oficial de la Federación*. http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO4165.pdf

CONANP. (2014). Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de áreas naturales protegidas de México. Ciudad de México. http://e2040.conanp.gob.mx/docs/E-2040_completa.pdf

CONANP. (2015). Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES). https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programa-de-conservacion-para-el-desarrollo-sostenible-procodes-57997

CONAPO. (2018). Datos de población de la República Mexicana 2010-2030 proyección. http://www.conapo.gob.mx/es/conapo/Proyecciones

CONEVAL. (2016). Sistema de Indicadores de la Política Social Indicadores derivados del PND y de Fin. http://sistemas.coneval.org.mx/SIMEPS/IndicadorSectorial.aspx?id=16 y idIndicador=360

CONUEE-GIZ. (2015). Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía (Vol. 1). México. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

CONUEE. (2018). Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) 2014-2018. https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/programa-nacional-para-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia-pronase-2014-2018

Corona, R., Galicia, L., Palacio-Prieto, J. L., Bürgi, M. y Hersperger, A. (2016). Patrones y conductores de la deforestación a escala local de la selva baja caducifolia en dos municipios al sur de Oaxaca, México (1985-

2006). Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía UNAM, (91), 86-104. https://doi.org/10.14350/rig.50918

Ellis, E. A., Romero Montero, J. A. y Hernández Gómez, I. U. (2017). Deforestation processes in the state of Quintana Roo, Mexico: the role of land use and community forestry. *Tropical Conservation Science*, 10, 1-12. https://doi.org/10.1177/1940082917697259

ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT. (2015). Foro Internacional 2015. Valorización Energética de Residuos Urbanos. hhttps://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/197629/5._Programa_de_Aprovechamiento_energ_tico.pdf

ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT. (2016). Potencial para la valorización energética de residuos urbanos en México, a través del coprocesamiento en hornos cementeros. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/197603/Potencial_para_la_valorizacion_energetica.pdf

ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT. (2017). Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales. Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265430/Guia_lodos_2017.pdf

ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT. (2018a). Análisis de instrumentos de política pública para estimular la valorización energética de residuos urbanos en México y propuestas para mejorarlos y ampliarlos. Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/269184/Analisis_de_instrumentos.pdf

ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT. (2018b). Fuentes de recursos financieros para proyectos de aprovechamiento energético de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Manejo Especial (RME) en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/197602/Fuentes_de_recursos_financieros.pdf

ENRES, GIZ, SENER y SEMARNAT. (2018c). Plantas de incineración de residuos sólidos urbanos en México (enres).

Entidades Federativas. (2017). Insumos para la Sexta Comunicación Nacional - INECC.

Estado de México. (2017). Periódico oficial. http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2017/oct261.PDF

Federal, G. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (2013). *Diario Oficial de la Federación* de fecha 20/05/2013. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465 y fecha=20/05/2013

FONADIN. (2016). Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA). http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Lineamientos_PROMAGUA.pdf

GEF. (2016). BID. http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-1451938431-11

GIZ. (2017a). Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales. (D. G. für I. Z. G. GMBH y - Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México, Eds.) (1a. Edición). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/268478/Final_versi_n_digital_Gu_a_lodos_2017.pdf

GIZ. (2018). Directrices para el uso seguro de la tecnología del biogás. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/269185/Guia_Seguridad_Biogas_GIZ.pdf

GIZ, A. energética entre M. y A. (2017b). Eliminando Progresivamente Subsidios Ineficientes a los Combustibles Fósiles. Ciudad de México.

Gobierno de la Ciudad de México. (2015). Nadf-024-Ambt-2013, (128). http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito Federal/wo104201.pdf

Gobierno de la Ciudad de México. (2018). Información mediante oficio SEDEMA/TMG/307/2018.

Gobierno de la República. Reforma Energética, XXXIII *Diario Oficial de la Federación* § (2013). https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Gobierno de la República. (2014a). Programa especial de cambio climático 2014-2018. Ciudad de México.

Gobierno de la República. (2014b). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, (1), 1-5. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Gobierno de la República. (2015). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. http://www.senado.gob.mx/comisiones/cambio_climatico/reu/docs/presentacion_290415.pdf

Gobierno de la República. (2016). Declaración de Líderes de América del Norte sobre la Alianza del clima, energía limpia y medio ambiente. https://www.gob.mx/presidencia/documentos/declaracion-de-lideres-de-america-del-norte-sobre-la-alianza-del-clima-energia-limpia-y-medio-ambiente

Gobierno de la República. (2017). Quinto informe de gobierno de la República 2016-2017. Ciudad de México.

Gobierno de Nuevo León. (2018). Sistema de transporte, Monterrey NL. http://www.nl.gob.mx/metrorrey

Herrero, M., Gerber, P., Vellinga, T., Garnett, T., Leip, A., Opio, C., … Mcallister, T. A. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology,* 166-167, 779-782. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.083

IADB. (2014). Sizing Electricity Losses in Transmission.

IEA. (2016). Mexico Energy Outlook. International Energy Agency, Paris, France. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MexicoEnergyOutlook.pdf

ILA, I. L. A. (2016). World Lime Production. http://www.internationallime.org/world-lime-production/

IMTA y SENER. (2016). Revisión y actualización del potencial de biomasa para generación de energía eléctrica a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales presentado en el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261712/2017_1303_INFORME_FINAL_imta-sener.pdf

INECC. (2013). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos 2012. Mexico City. http://www.semarnat.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos

INECC. (2017). Recomendaciones de buenas prácticas de MRV y contabilidad para México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/245954/Recomendaciones_de_buenas_pr_cticas_de_mrv_y_contabilidad_para_M_xico_final__con_portadas.pdf

INECC. (2018a). Contribución Nacionalmente Determinada: descripción de las acciones de mitigación.

INECC. (2018b). Estudio "Consultoría para el apoyo al desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) del sector Aguas Residuales de México."

INECC. (2018c). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2015. http://datos.abiertos.inecc.gob.mx/Datos_abiertos_inecc/Inventario_Nacional_de_Gases_de_Efecto_Invernadero/INEGYCEI_2015/INEGYCEI 1990_2015_IPCC2006.xlsx

INECC. (2018d). Investigaciones 2018 - 2013 en materia de mitigación del cambio climático. Sector residuos sólidos. Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero. https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-mitigacion-del-cambio-climatico

INECC. (2018e). Resultados del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. https://www.gob.mx/inecc/articulos/presentacion-de-los-resultados-del-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-152782

INECC. (2018f). Ruta tecnológica e instrumentación de CND de la Industria intensiva en carbono Sectores Cemento, Siderurgia, Cal, Azúcar, Minería del Carbón, Refrigerantes.

INECC. (2018g). Información suministrada por la Entidad Federativa durante el 3er Encuentro Nacional de Cambio Climático efectuado en la ciudad de México del 17 al 20 de septiembre de 2018.

INEGI. (2015). Población total. http://www.beta.inegi.org.mx/temas/estructura/

INEGI. (2018a). Banco de Información Económica. http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/

INEGI. (2018b). Censos Económicos 2009. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/

INEGI. (2018c). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM). http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encestablecimientos/anuales/eia/eaim/default.html

INEGI. (2018d). Población total 1910-2015. Encuesta Intercensal (EIC) 2015. http://www.beta.inegi.org.mx/temas/estructura/

INEGI. (2018e). Sistema de Cuentas Nacionales de México. México.

INFONAVIT. (2018a). Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible. http://cii.infonavit.org.mx/IndicesdeCalidad/sevv.html

INFONAVIT. (2018b). Manual explicativo de la vivienda ecológica 2018. https://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/526fbfc4-c222-4cca-95ae-afe1dffde803/Manual+Explicativo+de+Vivienda+Ecológica.pdf?MOD=AJPERES y CVID=lGBnpqsInfografía disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133280/INFO-sustentabilidad-

International Energy Agency. (2015). Iron y steel findings tracking clean energy progress. Energy Technology Perspectives. https://www.oecd.org/sti/ind/Item 8b - iea_ETP2015_oecd Steel Committee_final.pdf

IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Main (Vol. 2). https://doi.org/http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

Jalisco, E. de. (2016). Periódico oficial. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito Federal/wo104201.pdf

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. 17 Objetivos Para Transformar El Mundo, 24. http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

PEMEX. (2017). Informe Anual 2016.

Proust, S., Anta Fonseca, S. y Cepeda, M. F. (2015). CTC REDD + de la Península de Yucatán: Análisis de los determinantes de la deforestación y acciones redd+ en la Península de Yucatán. http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/pdf/18-analisis-determinantes-deforestacion.pdf

Rodríguez Zúñiga, M. T., Villeda Chávez, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz López, M. I., Olguín, M., … Flores, R. (2018). Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos. Un enfoque espacial multiescala. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

SAGARPA. (2011). Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020. Subsecretaria de fomento a los agronegocios. México Distrito Federal.

SAGARPA. (2013). Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Ciudad de México, México.

SAGARPA. (2017a). 5to Informa de Labores 2016-2017 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México.

SAGARPA. (2017b). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Ciudad de México.

SAGARPA. (2017c). Portal SAGARPA.

SAT. (2018). Datos Abiertos del SAT. http://omawww.sat.gob.mx/cifras_sat/paginas/datos/vinculo.html?page=IngresosTributarios.html

SCT. (2015). Plan de acción de mitigación de emisiones en la aviación 2015-2018.pdf.

SCT. (2017a). Dirección General de Autotransporte Federal, Subsecretaría de transporte, (55), 1-34.

SCT. (2017b). Principales estadísticas del sector comunicaciones y transporte.

SCT. (2018a). Tren Eléctrico de Guadalajara. http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/transporte-ferroviario-y-multimodal/tren-electrico-de-guadalajara/

SCT. (2018b). Tren Interurbano México-Toluca. *Retrieved* August 27, 2018, from http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/transporte-ferroviario-y-multimodal/tren-interurbano-mexico-toluca

SCT, SEMARNAT y GIZ. (2015). Autotransporte Federal de Carga. Programa Mexicano-Alemán NAMA.

SE. (2017). Perfil del Mercado del Carbón.

Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-AA-173-SCFI-2014 (2015). México.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2015). Gastos Fiscales.

SEDATU; CONAVI. (2018a). Insumos para la Sexta Comunicación Nacional.

SEDATU; CONAVI. (2018b). NAMA apoyada para la Vivienda Nueva en México. Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/350682/nama_Vivienda_Nueva_M_xico-Actualizacion_2017.pdf

SEDATU; CONAVI. (2018c). NAMA apoyada para la Vivienda Nueva en México. Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros.

SEDATU. (2016). 4to Informe de Labores 2015-2016. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/142694/4to_Informe_Labores_2015_2016.pdf

SEDATU. (2017). 5to Informe de Labores 2016-2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261176/Quinto_Informe_de_Labores_de_la_sedatu_2016-2017.pdf

SEDEMA. (2016a). Inventario de emisiones de la CDMX. Secretaria Del Medio Ambiente Del Gobierno de La Ciudad de México, 11-130. http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-cdmx2014-2/mobile/IE-CDMX-2014.pdf

SEDEMA, C. de M. (2016b). Programa de Acción Climática.

SEDEMA, C. de M. (2018). Medidas de Mitigación del Cambio Climático de la Ciudad de México (Vol. 148). México.

SEMARNAT-CONAGUA. (2012). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco. Memoria Documental. http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/Documentos/Memorias Documentales/Memoria Documental Planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco.pdf

SEMARNAT-INECC. (2006). Diagnóstico Básico Para La Gestión Integral De Los Residuos.

SEMARNAT-INECC. (2012). Quinta comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones unidas sobre el Cambio Climático. Ciudad de México. https://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc5s.pdf

SEMARNAT. (2009). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012. Diario Oficial de La Federación, 174. http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pnpgir.pdf

SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-2012 (2012). México.

SEMARNAT. (2013). Norma Oficial Mexicana-NOM-161-SEMARNAT-2011, 12-22. http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3015.pdf

SEMARNAT. (2014a). Aprovechamiento energético de residuos urbanos (EnRes). https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/aprovechamiento-energetico-de-residuos-urbanos-enres

SEMARNAT. (2014b). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC). https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

SEMARNAT. Decreto por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte (2015). México.

SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, *Diario Oficial de la Federación* § (2015). México.

SEMARNAT. (2015c). Proyecto NOM-083-SEMARNAT-2003. DOF. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5402726 y fecha=04/08/2015

SEMARNAT. Decreto por el que se modifica el diverso por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte, publicado el 26 de marzo de 2015 (2016). México. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4758571 y fecha=04/11/1994

SEMARNAT. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-167-SEMARNAT-2016, 6 § (2016). México.

SEMARNAT. Aviso por medio del cual se hace del conocimiento que fue autorizado por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, un equipo de (2017). México.

SEMARNAT. Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-050-SEMARNAT-1993 (2017). México.

SEMARNAT. (2017c). Quinto informe de gobierno de la república 2016-2017. file: ///C: /Users/Alejandro/Downloads/Quinto_Informe_de_Gobierno_2017.pdf

SEMARNAT. (2018a). Avances y Resultados del PECC 2017.

SEMARNAT. Aviso mediante el cual se dan a conocer los parámetros para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en los vehículos automotores ligeros nuevos con peso bruto vehicular que no exceda los 3 857 kilogramos, 6 § (2018). México.

SEMARNAT. (2018c). Insumo para la Sexta Comunicación Nacional.

SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2017 (2018). México.

SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017 (2018). México.

SEMARNAT. (2018f). Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales. *Retrieved* April 15, 2018, from https://www.gob.mx/semarnat/articulos/programa-nacional-de-proteccion-contra-incendios-forestales?idiom=es

SEMARNAT. (2018g). PROY-NMX-AA-180-SCFI-2017. DOF. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5511342 y fecha=25/01/2018

SEMARNAT. (2018h). Transporte Limpio. http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/transporte-limpio

SEMARNAT, CONABIO, CONAFOR y CONANP. (2016). Visión Nacional de Manejo Integrado del Paisaje y Conectividad. Ciudad de México.

SENER-CONUEE. (2015). Proyecto Piloto " Introducción a la Eficiencia Energética y Sistemas de Gestión de Energía en PYME de México " Ejemplo de mejora de eficiencia energética Reciclagua Ambiental: Reconfiguración del sistema de distribución de aire soplado, 50001.

SENER-CONUEE. (2016). Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Más Limpios. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/182202/20161110_1300h_Estrategia_CCTE-1.pdf

SENER-DEA. (2017). NAMA for Sugar Mills in Mexico.

SENER. (2014). Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/185047/PRONASE2016OdB04112016concomentarios CCTE_0812116CSVersionFinalcomprimida.pdf

SENER. (2016a). Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Más Limpios. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/182202/20161110_1300h_Estrategia_CCTE-1.pdf

SENER. Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Más Limpios, Secretaría de Energía § (2016).

SENER. (2016c). Programa Especial de la Transición Energética. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5484916 y fecha=31/05/2017

SENER. (2017a). Insumos para la Sexta Comunicación Nacional, SENER.

SENER. (2017b). Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2016-2030. https://doi.org/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44327/Prospectiva_Petroleo_Crudo_y_Petroliferos.pdf

SENER. (2017c). Prospectiva del Sector Eléctrico 2017-2031.

SENER. (2017d). Resultados de las subastas de energía. http://asociacionmexicanadeenergia.com.mx/images/documentos_ame/Congreso Reforma Energética Retos a Superar ALEJANDRO Hernández Alva VF.pdf

SENER. (2018a). Boletín de eficiencia energética. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/319987/20180423_Bolet_n_EE_00.pdf

SENER. (2018b). Hoja de Ruta para Eficiencia Energética en el Sector de Industria de México.

SENER. (2018c). Sistema de Información Energética. http://sie.energia.gob.mx/

SGT/GPT-CONAGUA. (2018a). Oficio No. B00.4.01.00.02.-010 de fecha 22 de junio de 2018.

SGT/GPT-CONAGUA. (2018b). Oficio No. B00.4.01.00.02.-007 de fecha 10 de mayo de 2018.

SHCP y SEMARNAT. Reglas de carácter general para el pago opcional del impuesto especial sobre producción y servicios a los combustibles fósiles mediante la entrega de los bonos de carbono (2017). Ciudad de México, México.

UNAM. (2014). Distintivo ambiental. https://ecopuma.unam.mx/PDF/SECCIONES/DISTINTIVOAMBIENTAL/Informe_distintivo_ambiental.pdf

UNAM. (2015a). Boletín UNAM-DGCS-443. Entrega la UNAM Distintivo ambiental a cinco dependencias federales. http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_443.html

UNAM. (2015b). Reporte Mexicano de Cambio Climático, Grupo III: Emisiones y mitigación de gases, efecto invernadero. https://doi.org/978-607-02-7523-4

UNAM. (2016). Distintivo oro de la UNAM para la SRE. Gaceta Digital. http://www.gaceta.unam.mx/20161215/distintivo-oro-de-la-unam-para-la-sre/

UNAM. (2017). Distintivo ambiental oro de la UNAM al IFT. Gaceta Digital. http://www.gaceta.unam.mx/20170615/distintivo-ambiental-oro-de-la-unam-al-ift/

UNEP. (2012). Growing greenhouse gas emissions due to meat production.

UNFCCC. (2009). AM0080 "Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of wastewater in aerobic wastewater treatment plants." https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/6DITU9V0SFOR7EUYEBBVRHCAO2RD3Q

USDA, U. S. D. of A. (2018). Sugar World Markets and Trades. https://www.fas.usda.gov/data/sugar-world-markets-and-trade

Valderrama Landeros, L. H., Rodríguez Zúñiga, M. T., Troche Souza, C., Velázquez Salazar, S., Villeda Chávez, E., Alcántara Maya, J. A., … Ressl, R. (2017). Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

WBCSD-IEA. (2009). Guía para la Tecnología Cementera 2009 Reducciones de emisiones de carbono hasta 2050.

Referencias
Potencial de los mares para la mitigación del cambio climático

Adame MF, Kauffman JB, Medina I, Gamboa JN, Torres O, *et al.* (2013) *Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean*. PLoS ONE 8(2): e56569. doi: 10.1371/journal.pone.0056569

Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *76*(1), 1-13.

Barbier, E. B. (2006). Natural barriers to natural disasters: replanting mangroves after the tsunami. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *4*(3), 124-131.

Bosire, J. O., Dahdouh-Guebas, F., Walton, M., Crona, B. I., Lewis III, R. R., Field, C., & Koedam, N. (2008). Functionality of restored mangroves: a review. *Aquatic Botany*, *89*(2), 251-259.

Cabral Tena, R.A (2014), *Evaluación de la influencia de la acidificación del mar sobre los arrecifes del Pacífico Mexicano a partir del análisis retrospectivo del crecimiento de Porites (*Scleractinea: Poritidae). Tesis de doctor en Ciencias. Uso, manejo y preservación de los recursos naturales, CIBNOR, S.C., La Paz, BCS, 147 p

Cinco-Castro, S., A. Camacho-Rico, S.M. Morales-Ojeda, J. Caamal Sosa, y J.A. Herrera-Silveira (2017), *Almacenes de carbono en humedales costeros del Pacífico Norte y Península de Yucatán*, en Paz F. y Torres (eds.) Estado Actual del Conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México: Síntesis a 2017. Serie Síntesis nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Autónoma de Baja California. Texcoco, Estado de México., México. ISBN: 978-607-96490-5-0. 656 p.

Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) (2016), *Carbono azul en América del Norte: evaluación de la distribución de los lechos de pasto marino, marismas y manglares y su papel como sumideros de carbono* http://www3.cec.org/islandora/

es/item/11664-north-america-s-blue-carbon-assessing-seagrass-salt-marsh-and-mangrove-es.pdf

CONABIO (2017), *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2016*

CONANP (2017), *La importancia del Carbono Azul*, https: // www.gob.mx/conanp/documentos/la-importancia-del-carbono-azul

Cox, T. E., Schenone, S., Delille, J., Díaz Castañeda, V. M., Alliouane, S., Gattuso, J. P., & Gazeau, F. (2015). *Effects of ocean acidification on* Posidonia oceanica *epiphytic community and shoot productivity. Journal of Ecology*, 103(6), 1594-1609. doi: 10.1111/1365-2745.12477

De la Lanza Espino, G., J.L. Carbajal Pérez y S. Hernández Pulido (2017), *Breve análisis de ciclones tropicales en 162 años, coincidentes con variaciones climáticas y factores atmosféricos cíclicos del Pacífico mexicano y del Golfo de México*, Cap. 2, p. 29-54. En: A.V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas (eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático, UJAT, UNAM, AUC, 476 p.

Den Hartog, C., van Tussenbroek, B. I., Wong, J. G. R., Ruaro, P. M., & Guzmán, J. M. (2016). A new Ruppia from Mexico: *Ruppia mexicana* n. sp. *Aquatic Botany,* 131, 38-44.

Donato, D. C., J. B. Kauffman, D. Murdiyarso, S. Kurnianto and M. Stidham (2011). *Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics*. *Nature Geoscience* 4: 293-297.

Espinoza, T.A., 2011. An integrative planning approach for ecosystems-based fisheries management: two Mexican case studies., p.219.

Ezcurra, P., Ezcurra, E., Garcillán, P.P., Costa, M. T. and Aburto-Oropeza, O (2016), *Coastal landforms and accumulation of mangrove peat increase carbon sequestration and storage*, Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 113(16) Tomado de: http://www.pnas.org/content/113/16/4404.abstract

Falkowski, P. G., Katz, M. E., Knoll, A. H., Quigg, A., Raven, J. A., Schofield, O., & Taylor, F. J. R. (2004). The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. science, 305(5682), 354-360.

Farrelly, D. J., Everard, C. D., Fagan, C. C., & McDonnell, K. P. (2013). Carbon sequestration and the role of biological carbon mitigation: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 712-727. https: //doi.org/https: //doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.038

Feely, R.A., C.L. Sabine, J.M. Hernandez-Ayon, D. Ianson, and B. Hales (2008): Evidence for upwelling of corrosive "acidified" water onto the continental shelf. Science Express, 22 May 2008, doi: 10.1126/science.1155676.

Flores-Verdugo, F. *et al.,* (1990). Mangrove ecology, aquatic primary productivity, and fish community dynamics in the Teacapán-Agua Brava Lagoon-Esturine System (Mexican Pacific). Estuaries, 13(2), pp.219-230.

Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., . & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. Nature geoscience, 5(7), 505.

Gutiérrez-Mendoza, J. y J. Herrera-Silveira (2015), *Almacenes de Carbono en manglares de tipo Chaparro en un escenario cárstico*. En: F. Paz y J. Wong (Eds.). 2015. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2014. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-2-9. pp. 405-414

Herrera-Silveira, J. A., A. Camacho Rico, E. Pech, M. Pech, J. Ramírez-Ramírez y C. Teutli-Hernández (2016), *Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México*. Terra latinoamericana 34: 61-72.

Howard, J. *et al.,* (2014). Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses M. Howard, Jennifer; Hoyt, Sarah; Isensee, Kirsten; Pidgeon, Emily; Telszewski, ed., Arlington, Virginia, USA: Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature.

Ibarra-Obando, S. E., & Ríos, R. (1993). Ecosistemas de fanerógamas marinas. *Biodiversidad Marina y Costera de México*, 54-65.

INAPESCA (2015), *Reporte elaborado como parte del proyecto Laboratorio de Geomática: Boletín Hidroclimático de los Mares de México*. Análisis: María del Carmen Jiménez Quiroz

INECC- PNUD (2017a). *Evaluación de impactos del cambio climático sobre las islas de México y su área de influencia*. Proyecto 00086487 "Plataforma de colaboración sobre cambio climático y crecimiento verde entre Canadá y México 2013-2016", Aguirre Muñoz, A. México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

——— (2017b). *Estudio para la identificación, caracterización y evaluación del balance entre las emisiones de gei y las zonas de captura y almacenamiento de carbono en zonas de ecosistemas costero/marinos del Pacífico, Golfo de México y la Península de Yucatán (Carbono azul),*

Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático", Programa Mexicano del Carbono, A.C., México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

_____ (2018). *Diagnóstico del estado actual de los mares de México y su relación con el cambio climático a nivel país, en particular su potencial para la mitigación de gases de efecto invernadero*, Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Rivera Arriaga, Evelia. México, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

IPCC, (2001) Working Group II: *Impacts, Adaptation and Vulnerability Report, Chapter 6: Coastal Zones and Marine Ecosystems* http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=283

Jones, T. G., H. R. Ratsimba, L. Ravaoarinorotsihoarana, G. Cripps and A. Bey (2014), *Ecological variability and carbon stock estimates of mangrove ecosystems in northwestern Madagascar*. Forests 5: 177-205 DOI: 10.3390/f5010177

Kauffman, J. & Donato, D., 2012. Protocols for the measurment, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests, Bogor: CIFOR.

Kauffman, J. B., Trejo, H. H., Garcia, M. D. C. J., Heider, C., & Contreras, W. M. (2016), *Carbon stocks of mangroves and losses arising from their conversion to cattle pastures in the Pantanos de Centla, Mexico*. Wetlands Ecology and Management, 24(2), 203-216.

Khatiwala, S., Primeau, F., & Hall, T. (2009). Reconstruction of the history of anthropogenic CO2 concentrations in the ocean. Nature, 462, 346. http: //dx.doi.org/10.1038/nature08526

Lluch Belda, D. *et al*, (2012), *Estudio para evaluar el impacto y la vulnerabilidad del sector pesquero ante el cambio climático,* Instituto Nacional de Ecología (INE), 232 p

Martínez Arroyo, A., S Manzanilla Naim y J. Zavala Hidalgo (2011), *Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in Mexico.* Atmósfera 24 (1): 103-123

Mcleod E, Chmura GL, Bouillon S, *et al*. (2011). *A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering* CO_2. Frontiers in Ecology and the Environment 9: 552-60. Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, *et al*. (Eds). 2014. Supplement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: wetlands. Geneva, Switzerland: IPCC.

Moreno-Casasola, P.; Hernández, M.E., and Campos C., A. (2017), *Hydrology, soil carbon sequestration and water retention along a coastal wetland gradient in the Alvarado Lagoon System, Veracruz, Mexico*. En: Martínez, M.L.; Taramelli, A., and Silva, R. (eds.), *Coastal Resilience: Exploring the Many Challenges from Different Viewpoints*. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 77, pp. 104-115. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

Murray, B. & Vegh, T., (2012). Incorporating Blue Carbon as a Mitigation Action under the United Nations Framework Convention on Climate Change: Technical Issues to Address. , p.22.

Núñez-Gómez *et al.,* (2017), *Coastal vulnerability index for the Tabasco State Coast, Mexico*. Acta Sociológica Vol. 73: 13-81, https://doi.org/10.14350/rig.50172

Pech-Cárdenas, M.A. y J.A. Herrera-Silveira (2017*), Almacenes de carbono orgánico aéreo en manglares sometidos a perturbaciones naturales*. En Paz, F. y Torres, R. (Editores) (2017), *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2017. Serie Síntesis Nacionales*. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Autónoma de Baja California. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-5-0. 656 p

Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., . & Megonigal, P. (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. PloS one, 7(9), e43542.

Ramos Reyes, R. *et al.,* (2016), *Indicadores geomorfológicos para evaluar la vulnerabilidad por inundación ante el ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en la costa de Tabasco y Campeche*. México, Boletín Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 68 (3) http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-33222016000300581&script=sci_arttext&tlng=en

Rojas, R. B. (2011). *Estimación del contenido y captura potencial de carbono en biomasa aérea, en el área natural protegida Marismas Nacionales. Nayarit, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 57 p.

UNEP, 2012. Blue carbon initiative fact sheet

Valderrama-Landeros L. H., Rodríguez-Zúñiga M.T., Troche-Souza C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E.,

Alcántara-Maya, J.A., Vázquez-Balderas B., Cruz-López M. I., Ressl R., (2017). *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 128 pp.

Wang, G., D. Guan, M.R. Peart, Y. Chen and Y. Peng (2013), *Ecosystem carbon stocks of mangrove forest*. En Yingluo Bay, Guangdong Province of South China. Forest Ecology and Management 310: 539-54.

4

Economía del cambio climático y crecimiento verde

4.1 Economía del cambio climático

En el ámbito de la teoría económica, el cambio climático se considera la mayor falla de mercado en la historia de la humanidad. Las emisiones de sustancias radiativamente activas, que causan el cambio climático, son generadas como subproductos de las actividades económicas necesarias para satisfacer las necesidades humanas.

Dichas emisiones alteran la composición de la atmósfera, intensifican el efecto invernadero del planeta y, con ello, provocan cambios en el clima en los ámbitos global y regional. Los efectos de estos subproductos no se reflejan en los precios de mercado de los bienes y servicios y, consecuentemente, llevan a una asignación de mercado ineficiente en la que se produce un nivel de emisiones mayor a la óptima (Stern, 2007; Tol, 2009; Hope, 2013; Nordhaus, 2013).

La economía del cambio climático tiene como objeto el estudio de las causas y consecuencias de dicha falla de mercado, y un aspecto importante consiste en calcular los impactos económicos que este fenómeno tendría en distintas escalas temporales y espaciales. El Banco Mundial y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés) estiman que alrededor de 68% de la población y 71% del Producto Interno Bruto (PIB) de México están altamente expuestos a los efectos negativos directos del cambio climático (OECD, 2013).

El clima y el ambiente tienen un impacto muy importante en diversos sectores y aspectos de la economía, como agricultura, salud, agua, biodiversidad, construcción y turismo, entre otros (Jewson, Brix & Ziehmann, 2005; Dell, Jones & Olken, 2012, 2014; IPCC, 2014).

Las proyecciones globales de aumento de la temperatura durante este siglo, debido a la intervención antropogénica en el sistema climático, sugieren que el riesgo climático que enfrentan los agentes económicos probablemente aumentará de manera considerable tanto por eventos catastróficos como por no catastróficos. En el caso de México se puede afirmar que es un país altamente vulnerable a los impactos físicos del cambio climático en distintos sectores y actividades productivas (Gay, 2000; Gay *et al.*, 2006; Villers *et al.*, 2009; Boyd & Ibarraran, 2011).

En este apartado se desarrollan dos líneas de trabajo que dan cuenta de los efectos económicos del cambio climático, por un lado, y la cuantificación de los montos de inversión requeridos para hacer frente a tales efectos, por otro. Específicamente, estas dos líneas de trabajo son:

- Modelación económica.
- Análisis de los costos de mitigación de la Contribución Nacionalmente Determinada (CND).

Ambas líneas se describen con detalle a continuación.

Modelación económica

El principal antecedente en el estudio de los costos asociados a los efectos del cambio climático en el país es *La economía del cambio climático en México* (SEMARNAT-SHCP, 2009). Dicho estudio fue el primero de su tipo en el país y representó un primer paso para elevar el tema a la discusión en la toma de decisiones. Sin embargo, el campo de la economía del cambio climático evoluciona rápidamente y, por tanto, las estimaciones requieren ser revisadas y actualizadas regularmente para reflejar el mejor conocimiento disponible (Estrada *et al.,* 2013).

Desde la publicación de la Quinta Comunicación Nacional de México, presentada ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 2012, la estimación de las consecuencias económicas del cambio climático ha avanzado considerablemente.

Como un primer esfuerzo para enfrentar el reto en cuestión, en esta Sexta Comunicación se avanzan algunos resultados relevantes de estudios de carácter prospectivo de largo plazo elaborados, específicamente, para proyectar escenarios climáticos tanto en el contexto nacional como en el regional, así como para sectores económicos seleccionados. Se reportan resultados agregados y un análisis sobre los impactos del cambio climático en el país con sectores y riesgos específicos.

También, como parte de este esfuerzo, se presentan los costos potenciales que México podría afrontar si las emisiones de GEI continúan sin restricciones, es decir, si no se realizan acciones para reducirlas de manera significativa. En esta perspectiva se calculan costos económicos para un panorama de inacción, el cual constituye el peor escenario para el país. También se compara lo que ocurriría en un escenario optimista, es decir, si México y el mundo cumplen sustancialmente sus compromisos de reducción de emisiones hacia mediados del siglo, con reducciones adicionales hasta 2100.

En un escenario pesimista —llamado de inacción o "si no se hacen cambios"—, las emisiones de los GEI continúan con un aumento acelerado a lo largo del siglo XXI. En el escenario optimista, México reducirá por lo menos sus emisiones de carbono negro en 51% y sus emisiones de GEI en 22% para 2030, y seguiría por ese sendero hasta finales del siglo. Ambos escenarios tienen como punto de partida los compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático (Contribución Nacionalmente Determinada, CND) que se ejecutarían principalmente durante el periodo 2020-2030.

Para la elaboración de estos escenarios se utilizaron diversos métodos econométricos, modelos estadísticos bayesianos y frecuentistas, modelación biofísica de cultivos, modelos físicos y económicos de riesgo de inundación fluvial y costera, así como el modelo de evaluación integrada conocido como CLIMRISK, desarrollado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y la Universidad Libre de Ámsterdam, además se tomaron en cuenta las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).[1]

[1] Información detallada sobre las metodologías, modelos y bases de datos utilizados se puede encontrar en www.gob.mx/inecc.

Se pueden señalar, entre otros, los siguientes supuestos centrales:

- Los escenarios de población y PIB son consistentes con las cuantificaciones de las cinco líneas de desarrollo socioeconómicas utilizadas por el IPCC.
- Los escenarios climáticos utilizados son probabilísticos y se produjeron mediante un modelo físico-estadístico que cuenta con una sensibilidad del clima estocástica, y que utiliza los patrones de regionalización de 41 modelos de circulación general incluidos en el Quinto Reporte de Evaluación del IPCC.
- Las proyecciones de cambio en temperatura y precipitación se realizaron para cuatro escenarios de emisiones: de inacción; dos escenarios de política basados en la CND; y un escenario ideal,[2] que contiene múltiples políticas ambiciosas que limitan el incremento en la temperatura global, en 2100, a alrededor de 1.5°C por arriba de su valor preindustrial.
- Se presentan estimaciones que toman en cuenta los efectos sinérgicos del cambio climático global y local, este último producido por el fenómeno de la isla de calor en grandes ciudades.
- En general, las cantidades monetarias se descuentan a una tasa de 4% y están expresadas en dólares de 2015.

La información histórica, por lo menos desde 1985,[3] sugiere una influencia significativa del clima en el crecimiento económico en México. Parte de las diferencias históricas del crecimiento económico observadas en las distintas regiones del país puede explicarse por las diferencias en el clima observado.

Existe una relación inversa entre las tasas de crecimiento de la temperatura media en el largo plazo y aquellas del PIB per cápita en el ámbito estatal; es decir, a mayor temperatura, menor crecimiento. Los estados donde se estiman mayores tasas de aumento en la temperatura mostrarían también menores tasas de crecimiento del PIB per cápita. Para facilitar la comprensión de los costos económicos que implica el aumento de temperatura, estos se expresan como porcentaje del PIB de la economía de México en 2010.

Escenarios

Con base en la información histórica, y en un escenario de inacción tanto de México como del mundo, se estima que un aumento de la temperatura media en 1.0°C podría reducir el crecimiento del PIB per cápita nacional entre 0.77 y 1.76 por ciento. En el contexto nacional, los estados más sensibles son Baja California e Hidalgo, donde el PIB per cápita podría reducirse en 7.52 y 6.84 por ciento, respectivamente.

El cambio climático plantea importantes retos para el país durante este siglo. Previsiblemente, durante las próximas décadas algunas regiones enfrentarán cambios en el clima que podrían comprometer significativamente sus ecosistemas y biodiversidad.

En dicho escenario de inacción, incrementos de por lo menos 2°C en la temperatura anual se producirían durante las décadas de 2030 y 2040 en el norte y sur del país, respectivamente. El umbral de 4°C en la temperatura anual, considerado como un aumento al cual difícilmente gran parte de los ecosistemas podrían adaptarse (IPCC, 2014), podría alcanzarse en el año 2070 en algunas regiones del norte de México. Por otra parte, el sureste, centro y la costa del Pacífico podrían experimentar decrementos en la precipitación pluvial de al menos 10% de sus niveles actuales para mediados de este siglo.

En un escenario de inacción, los costos económicos del cambio climático para México serían

[2] Este escenario se conoce como RCP2.6 y se establece por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). El acrónimo RCP significa "Representative Concentration Pathway", e indica que el patrón de emisiones de GEI hacia 2100 se traduciría en un forzamiento radiativo de 2.6 Watts por metro cuadrado en la superficie terrestre.

[3] Año a partir del cual, para la mayoría de las variables utilizadas en este estudio, se cuenta con información confiable y sistematizada.

significativos. Los costos acumulados durante este siglo serían comparables a la pérdida de entre 50% y hasta más de 2 veces el PIB de México de 2010 (**Figura 4.1**). Si las negociaciones internacionales no son exitosas en materia de reducción de emisiones de GEI para el año 2030, que para el caso de México representa 22% del total para ese año, o una reducción de alrededor de 211 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ($MtCO_2e$), durante la segunda parte del siglo la mayor parte del país sufriría pérdidas iguales o mayores de 5% del PIB local como consecuencia del cambio climático.

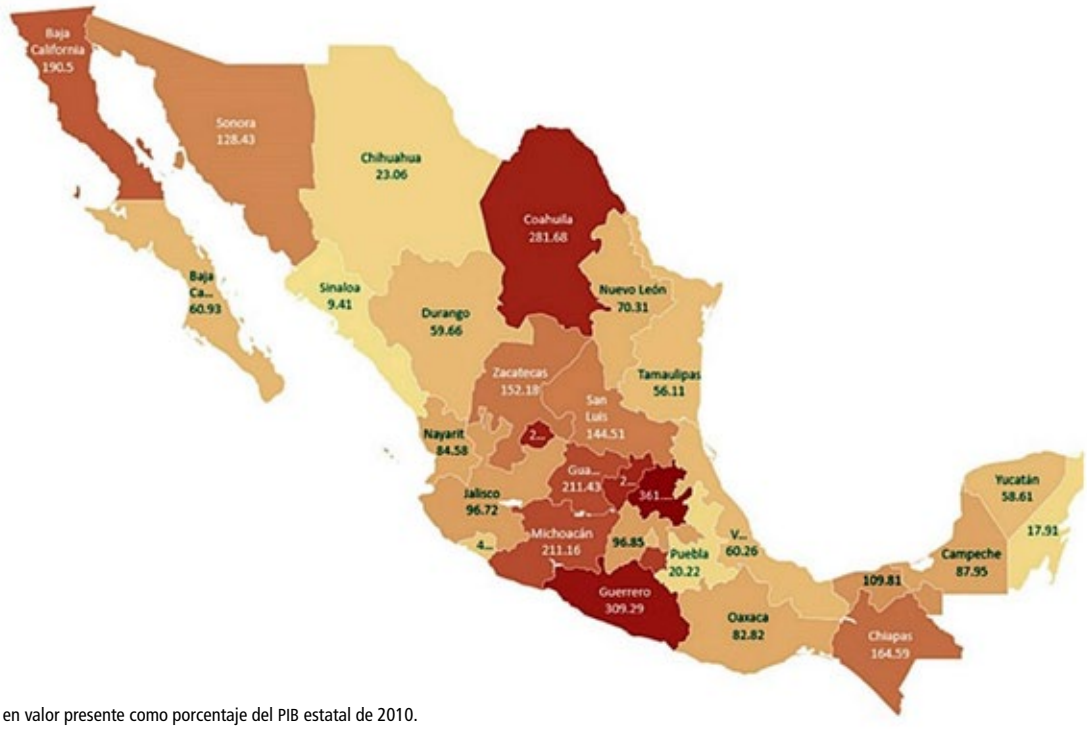
Los impactos económicos del cambio climático en un escenario de inacción no se distribuirán de manera uniforme entre estados y sectores ni al interior de los mismos. En el ámbito estatal, los diez estados con mayores pérdidas económicas agregadas y acumuladas durante el siglo son: Hidalgo, Guerrero, Coahuila, Aguascalientes, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Baja California y Chiapas. En un escenario de crecimiento económico intermedio, las pérdidas promedio por estado serían comparables a entre 0.5 y 1.5 años del PIB estatal actual, aunque algunos de esos estados enfrentarían el riesgo de impactos considerablemente mayores.

Las grandes ciudades podrían ser particularmente afectadas por el cambio climático debido a la confluencia de problemas ambientales y la alta exposición. Dado que alrededor de 80% del PIB mundial se produce en ciudades y que éstas albergarán a más de 50% de la población mundial en este siglo, los impactos en ellas pueden elevar significativamente los costos estimados del cambio climático en los contextos nacional, regional y global.

El cambio climático local causado por la urbanización podría exacerbar los efectos negativos del cambio climático global en las grandes urbes. En estas zonas, los incrementos en la temperatura anual podrían ser de hasta 8°C para finales del siglo.

En el caso de México, una vez que se toman en cuenta los impactos conjuntos del cambio climático local y global, los costos acumulados para el país durante este siglo podrían más que duplicarse. Los

Figura 4.1. Costos acumulados del cambio climático a 2100



Costos en valor presente como porcentaje del PIB estatal de 2010.
Fuente: INECC, elaboración propia.

costos acumulados serían comparables a la pérdida de entre 1 y 3 veces el PIB de 2010, aunque este valor podría incluso elevarse hasta 4.5 veces.

A menos de que los acuerdos internacionales de mitigación se complementen con medidas locales para disminuir los efectos de la isla de calor,[4] los esfuerzos internacionales serían menos eficientes para reducir el riesgo y los impactos económicos de este fenómeno. Esta situación subraya la necesidad de combinar estrategias de mitigación de carácter internacional con acciones locales de adaptación (Estrada, Botzen & Tol, 2017).

En el futuro cercano, un escenario de inacción implica grandes pérdidas económicas y altos niveles de riesgo para los centros urbanos del país. En términos absolutos, las mayores pérdidas se tendrán en áreas que, en general, corresponden a centros urbanos.

En las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las pérdidas causadas por el cambio climático podrían rebasar los $1,000 millones de dólares (mdd) en el decenio 2020-2029. Las áreas que rodean estos grandes centros urbanos podrían rebasar el umbral de pérdidas de al menos $1,000 mdd durante las décadas de 2030 y 2040.

Los esfuerzos de mitigación que realiza la comunidad internacional por sí solos no lograrán reducir el riesgo de rebasar el umbral de pérdidas mayores a los $1,000 mdd en la Ciudad de México, Guadalajara o Monterrey, independientemente de la magnitud de dichos esfuerzos. Las acciones locales para mitigar la isla de calor y mejorar el ambiente urbano son estrategias de adaptación y reducción de riesgo que complementan de manera efectiva los esfuerzos de mitigación internacionales.

Por otro lado, la CND es solo un primer paso para combatir el cambio climático. Sin embargo, su cumplimiento representaría una reducción de riesgo importante para México, así como una disminución de 23% de las pérdidas económicas para el país respecto al escenario de inacción. Los beneficios del escenario CND se encontrarían entre 10.6 y 27.3% del PIB de 2010. Aun en este escenario, los costos netos podrían ascender a 35 y hasta más de 130% del PIB de 2010.[5]

Para gran parte de México, la instrumentación de este escenario lograría retrasar entre dos y tres décadas la fecha para rebasar umbrales de riesgo tales como: pérdidas por el cambio climático superiores a 5% del PIB, aumentos de 4°C o más en la temperatura anual, y reducciones de 10% o más en la precipitación anual.

El incumplimiento de la CND por parte de actores clave en el concierto internacional tendría costos significativos para el país y haría menos eficientes los esfuerzos internacionales de mitigación. Por ejemplo, la decisión de Estados Unidos de abandonar el Acuerdo de París y no cumplir con su CND impondría un costo para México en el rango de 3 y 7.8% de su PIB de 2010. Análogamente, el incumplimiento de China impondría costos para México en el rango de 4.8 y 12.44 por ciento.

Las proyecciones de costos del cambio climático para el escenario de inacción indican que estos no se distribuirán de manera uniforme entre países ni en el interior de los mismos. En general, los mayores costos ocurren en áreas de tipo urbano, ya que ahí existe mayor exposición (**Figura 4.2**). Es importante recordar que solo se cuantifican los costos en términos de la pérdida de generación de valor, o PIB, de los países que conforman la base de datos en la que se funda el estudio. Además, estadísticamente dichas pérdidas están asociadas con los efectos de dos variables climáticas: temperatura y precipitación pluvial.

En las **Figuras 4.2** y **4.3**, el color marrón sobre el mapa indica el mayor nivel de costos asociados a los efectos del cambio climático. Las áreas iluminadas

[4] El fenómeno de la isla de calor ocurre cuando las superficies naturales que incluyen elementos, como vegetación, son reemplazadas por materiales con mayor capacidad para absorber y emitir calor, como concreto y asfalto. La isla de calor produce aumentos de la temperatura en las ciudades y cambios en los patrones de precipitación y vientos, es decir, genera un cambio climático de alcance local.

[5] El costo neto resulta de la diferencia entre el costo de inacción y el costo de la aplicación de medidas o estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. También se les conoce como "costos residuales".

con dicho color son más frecuentes en la zona entre los trópicos. De acuerdo con la **Figura 4.2**, México enfrentaría significativas pérdidas económicas en buena parte de su territorio.

Incluso en un escenario con menor calentamiento global, las grandes concentraciones urbanas alcanzan pérdidas económicas significativas antes de la mitad del presente siglo, aunque en 2100 serían sensiblemente menores que las ocurridas en el escenario de inacción (**Figura 4.3**).

Los esfuerzos de mitigación realizados por los demás países participantes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se tornarían menos eficientes, ya que, para un mismo nivel de esfuerzo de mitigación, los beneficios (pérdidas evitadas) que se logren serían menores.

Un escenario de mitigación profunda que cumpliera con las metas del Acuerdo de París representaría importantes beneficios para México, en términos de pérdidas evitadas y reducción de riesgo. Un escenario que limitara el aumento en la temperatura global a alrededor de 1.5°C sobre su valor preindustrial, reduciría en 58% los costos económicos del cambio climático para México.

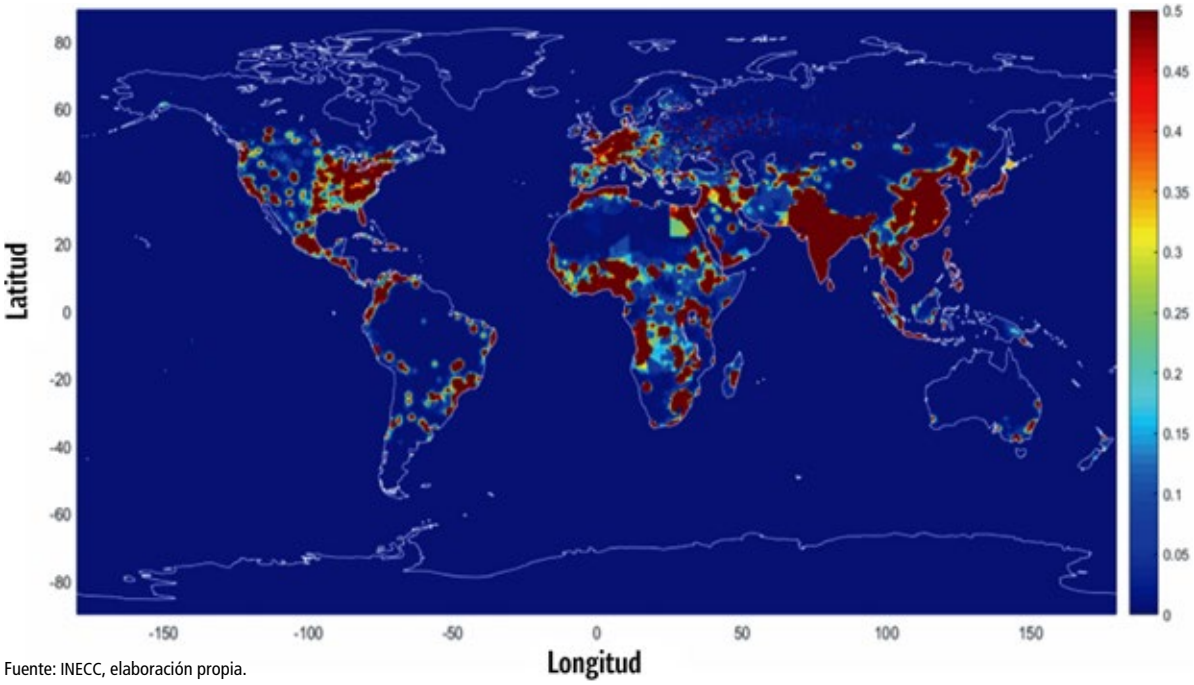
Aun en este escenario, los costos acumulados del cambio climático durante este siglo son considerables: el valor presente de los costos acumulados durante este siglo para México sería comparable a un rango de entre 19 y 70% del PIB nacional de 2015.

En este escenario, los umbrales climáticos de mayor riesgo para el país no se alcanzarían durante este siglo. Sin embargo, incluso en este escenario de mitigación profunda los costos netos son considerables y subrayan la necesidad de complementar las políticas de mitigación con estrategias de adaptación.

Los impactos económicos de cambio climático no se distribuirán de manera uniforme entre sectores ni en el interior de los mismos. Los impactos de cambio climático son muy heterogéneos y pueden representar costos o beneficios dentro de un mismo sector, así como implicar incrementos o reducciones de riesgo.

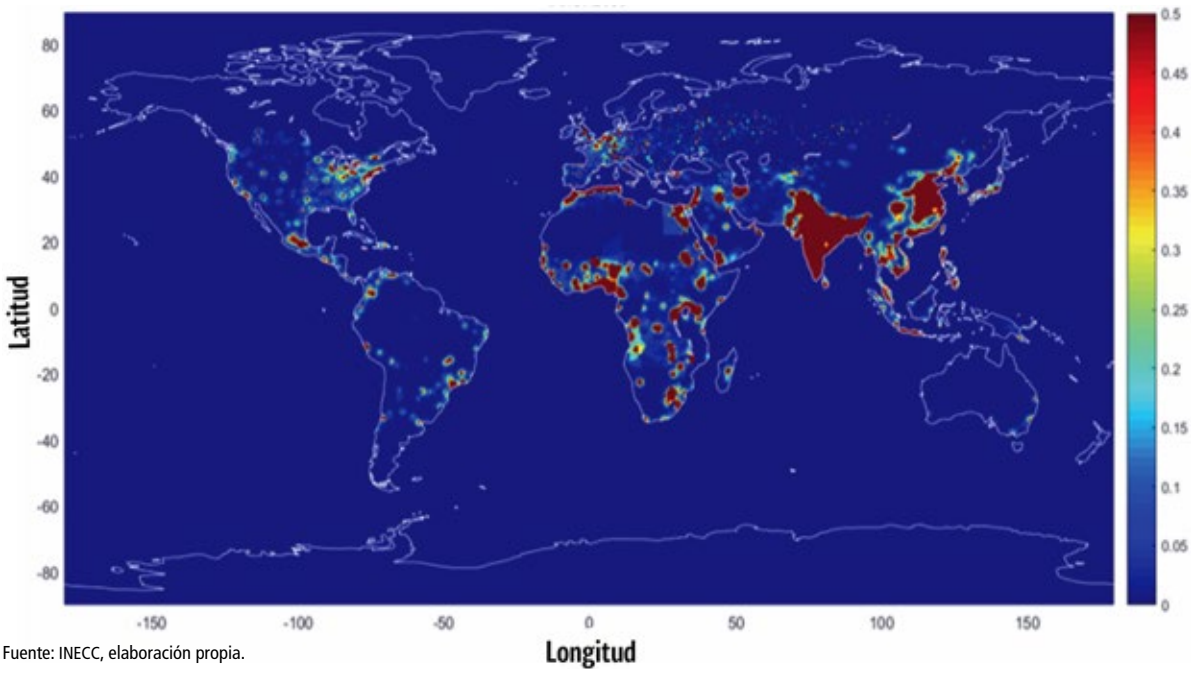
Para los sectores de agricultura, energía, salud y turismo, que se analizan en el presente capítulo, el cambio climático implica grandes costos económicos en la mayor parte de las entidades federativas. Además, se evalúa el costo asociado al riesgo derivado de un incremento de las inundaciones, tanto costeras (por elevación del nivel del mar) como flu-

Figura 4.2. **Distribución de costos del cambio climático en escenario de inacción, año 2100**



Fuente: INECC, elaboración propia.

Figura 4.3. **Distribución de costos del cambio climático en un escenario de menor calentamiento global para el año 2100**



Fuente: INECC, elaboración propia.

viales (por desbordamiento del cauce de ríos). Y se constata que, aun en los escenarios que contienen las metas de mitigación y adaptación más ambiciosas, los impactos residuales podrían ser muy altos.

Los impactos económicos del cambio climático evaluados en este estudio agregan incertidumbre a la consecución de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el 2030. Por ejemplo, la atención del objetivo número 13, "Acción por el clima", requerirá de significativos montos de inversión tanto en proyectos de mitigación como de adaptación al cambio climático, cifras que, por lo menos en el caso de México, pueden dimensionarse a partir de este trabajo.

Impactos económicos del cambio climático en sectores prioritarios

Agricultura

Los costos del cambio climático en este sector serían comparables a la pérdida de un valor cercano a dos años de la producción agrícola de 2010 en México.

En un escenario de inacción, el cambio climático puede reducir drásticamente la capacidad de producción agrícola en México y, con ello, imponer costos socioeconómicos considerables a las generaciones presentes y futuras.

Para los principales cultivos de México analizados (maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz, soya), un escenario de inacción implica reducciones en sus rendimientos de entre 5 y 20% en las próximas dos décadas y de hasta 80% a finales del siglo para algunos cultivos y estados de la República.

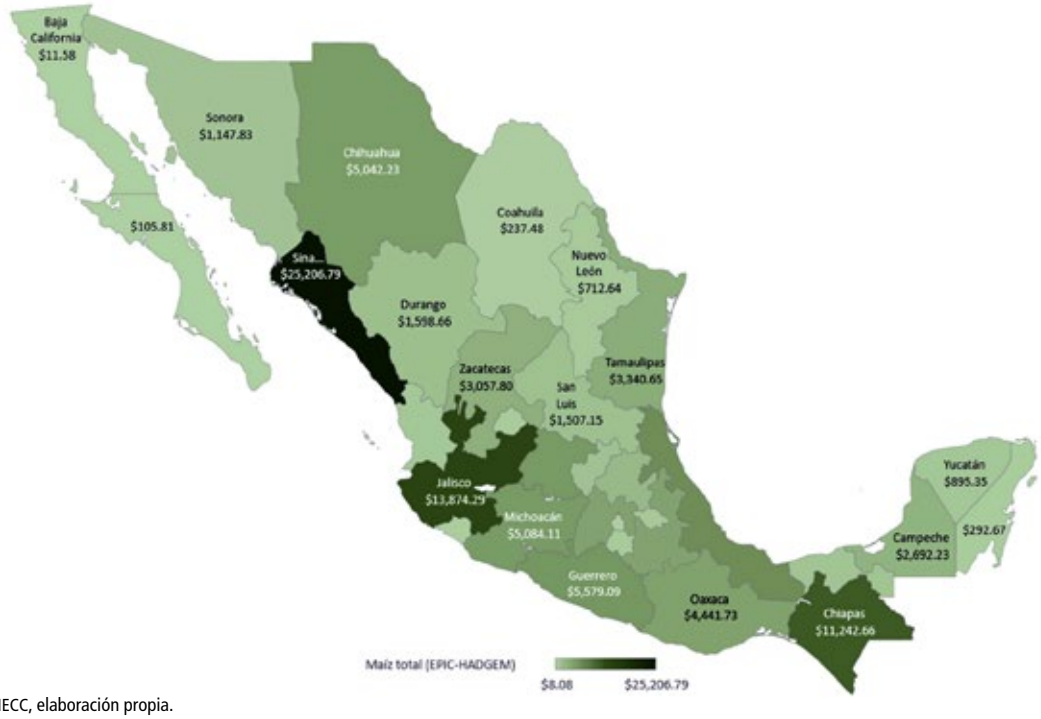
A finales del siglo, los estados con mayor aptitud para producción de maíz de temporal (Jalisco, México, Nayarit, Morelos, Michoacán, Guerrero y Colima) podrían perder entre 30 y 40% de sus rendimientos si las negociaciones internacionales no son exitosas (**Figuras 4.4** y **4.5**).

Actualmente, 23 estados tienen rendimientos en producción de maíz de temporal por arriba de una tonelada por hectárea; para finales de siglo, únicamente 11 de ellos continuarán produciendo al menos una tonelada por hectárea.

Figura 4.4. Pérdidas totales, en valor presente, en cultivo de maíz en un escenario de inacción, en 2100

Fuente: INECC, elaboración propia.

Figura 4.5. Pérdidas evitadas, en valor presente, en cultivo de maíz en un escenario ideal de aplicación de políticas de mitigación en 2100



Fuente: INECC, elaboración propia.

Para estados como Tabasco, Quintana Roo y Veracruz, las pérdidas acumuladas serían comparables a casi 12, 11 y 10 años del valor de la producción agrícola en 2012, respectivamente. Para Oaxaca, Campeche y Colima las pérdidas acumuladas serían similares a la pérdida de entre cinco y seis años del valor de la producción agrícola en el mismo año, mientras que para Chiapas y San Luis Potosí estas pérdidas serían similares a 4 años de producción agrícola.

Los impactos físicos y los costos en el sector agrícola varían considerablemente entre estados y cultivos. Para algunos estados y ciertos aspectos dentro de algunos sectores, el cambio climático podría tener beneficios temporales, pero en el agregado final dominan las pérdidas.

Para finales de siglo, en el país se podrían perder entre 5 y 6 millones de toneladas de maíz de temporal, y entre 3 y 4 millones de toneladas de maíz de riego al año. Contrariamente, algunas combinaciones de modelos de clima de cultivo sugieren que el cambio climático podría resultar en importantes beneficios para la producción de caña de azúcar. Los beneficios resultan particularmente grandes si los efectos de fertilización por CO_2 son tomados en cuenta. Cabe destacar que la incertidumbre en las proyecciones para este cultivo es alta.

El 50.4% de los costos totales en agricultura (seis cultivos estimados) corresponden a la producción de maíz, mientras que caña de azúcar junto con sorgo contribuyen con 43 por ciento. Los cambios en rendimientos de sorgo, soya y arroz representan en total solo 5.7% de los costos agregados.

De las pérdidas nacionales en granos (maíz, sorgo, trigo, arroz y soya) el 55% se concentran en Sinaloa, Tamaulipas, Jalisco, Chiapas y Guanajuato. Para mediados de este siglo solamente cinco estados tendrán pérdidas superiores a 15% en el rendimiento de maíz de temporal: Campeche, Nuevo León, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán. El número de estados con reducciones mayores de 15% se mantiene relativamente estable para finales de siglo; únicamente Coahuila y Tamaulipas se añaden a la lista.

De acuerdo con algunas combinaciones de modelos de clima y biofísicos, Puebla y San Luis Potosí podrían duplicar sus rendimientos en producción de caña durante la primera mitad de este siglo. Jalisco alcanzaría rendimientos entre 50 y 80% mayores en las próximas décadas, mientras que Oaxaca, Michoacán, Nayarit y Tamaulipas podrían ver aumentos en rendimientos entre 30 y 50% durante el mismo periodo.

El valor presente de las pérdidas, acumulado a 2100, en los granos seleccionados se distribuye así: Veracruz, $4,948 mdd; Sinaloa, $3,905 mdd; Tamaulipas, $2,208 mdd; Jalisco, $1,993 mdd; Chiapas, $1,639 mdd; y Guanajuato, $1,202 mdd (**Figura 4.6**).

Los ODS 1, 2 y 10, "Fin de la pobreza", "Hambre cero" y "Reducción de las desigualdades", se verán comprometidos por el impacto que tendría el cambio climático en la agricultura, dado que se perdería parte de la producción de alimentos destinada a combatir cada uno de dichos objetivos.

Energía

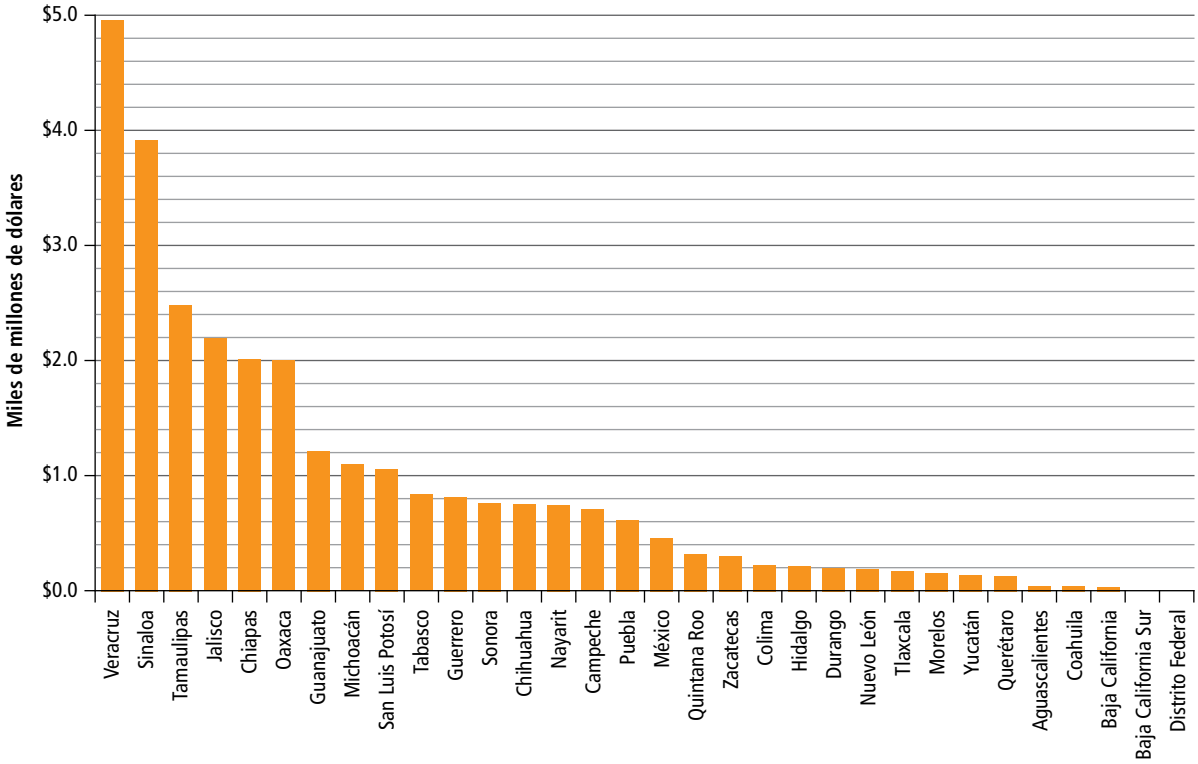
Para la mayoría de los estados, los aumentos de temperatura se traducen en incrementos del consumo de energía eléctrica y disminución del consumo de gas licuado de petróleo (GLP).

El cambio climático implica un aumento considerable en el consumo de energía eléctrica en México. Para el año 2050 se espera un aumento promedio en el consumo eléctrico de 4% (6.12 MWh), con un costo anual total de alrededor de $1,075 millones de dólares. El consumo aumentaría rápidamente en la segunda parte del siglo y podría alcanzar un incremento de 12% en 2100. Este aumento representa un costo total anual de aproximadamente $4,367 mdd.

Por lo contrario, se proyecta una disminución en el consumo promedio de GLP de 4.4 y 10% para mediados y finales del siglo, respectivamente. Estas reducciones de consumo equivalen a un ahorro anual total de $556 mdd a mediados de siglo y a un ahorro anual total de $1,645 mdd en 2100.

En el escenario de inacción, los costos en el consumo de energía eléctrica son mayores que los beneficios por reducción en consumo de gas. El va-

Figura 4.6. Distribución de los costos agregados del cambio climático sobre la producción de granos, a 2100



Fuente: INECC, elaboración propia.
(El Distrito Federal se convirtió en la Ciudad de México el 5 de febrero de 2016.)

lor presente de los costos totales acumulados en la demanda de energía (electricidad y gas) es de $9,120 millones de dólares. Los costos del incremento en el consumo de energía eléctrica en el país (valor presente de $16,854 mdd) son parcialmente compensados por los beneficios causados por la reducción en consumo de gas (valor presente de $7,732 mdd).

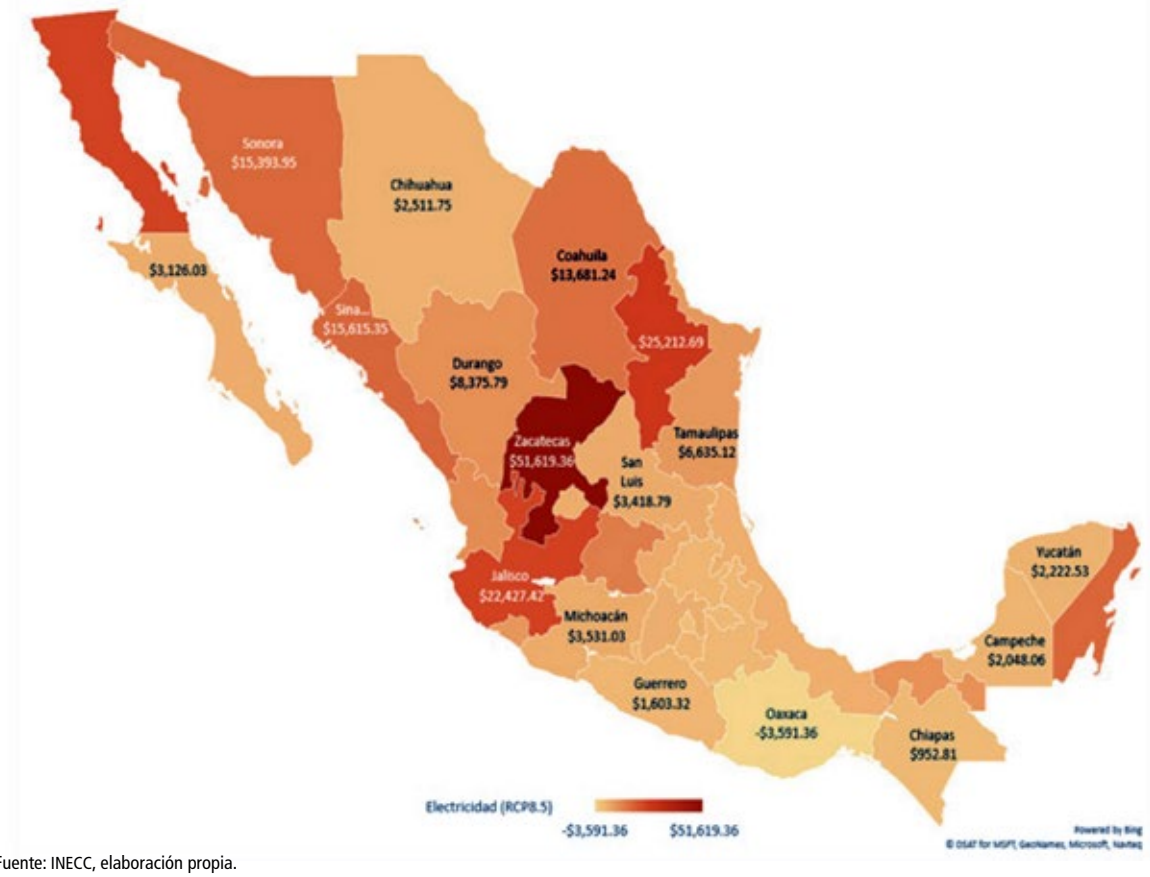
Más de 50% de los costos del cambio climático reflejados en la demanda, oferta y consumo de energía eléctrica (**Figura 4.7**) se concentran en Zacatecas $51,619 millones de pesos (mdp) ($3,265 mdd), Nuevo León $25,212 mdp ($1,594 mdd), Jalisco $22,427 mdp ($1,417 mdd), Baja California $22,336 mdp ($1,411 mdd) y Sinaloa $15,625 mdp ($987 mdd), mientras que Jalisco, Zacatecas, Hidalgo, México y Nayarit acumularían la mitad de los beneficios causados por reducciones en el consumo de GLP (**Figura 4.8**).

Los costos en consumo de energía podrían reducirse significativamente mediante un esfuerzo internacional de mitigación consistente con las metas del Acuerdo de París. Las estimaciones del efecto total del cambio climático en el consumo de energía (electricidad y gas LP) muestran que llevar a cabo esfuerzos de mitigación profunda son deseables, a pesar de que reducen los beneficios en ahorro de gas.

Con el Acuerdo de París, los beneficios totales (electricidad y gas) alcanzarían en el país la suma de $6,196 millones de dólares. Sin embargo, aun en este escenario, el valor presente de los costos netos alcanza los $2,930 millones de dólares.

Ante el incremento esperado en el consumo de energía, de acuerdo con los escenarios aquí planteados, su producción debería contribuir al cumplimiento del ODS número 7, "Energía asequible y no contaminante", pues se favorece la utilización de electri-

Figura 4.7. **Valor presente de las pérdidas acumuladas en el consumo de electricidad a 2100 mdp**



Fuente: INECC, elaboración propia.

cidad proveniente de fuentes limpias de energía, así como la disminución del consumo de gas.

Salud

El cambio climático transformará la composición de enfermedades que habrá de atender este sector. Mientras que la incidencia de enfermedades respiratorias disminuiría en condiciones de cambio climático, el efecto opuesto se presentaría en enfermedades gastrointestinales, por golpe de calor y en aquellas transmitidas por vector.

En un escenario de inacción se proyecta que el número de casos de enfermedades por golpe de calor aumentaría 47%, mientras que en enfermedades gastrointestinales o transmitidas por vector el incremento sería de 18 y 44%, respectivamente, y, de manera previsible, el Acuerdo de París reduciría considerablemente el aumento de dichas enfermedades. Por otra parte, los casos de enfermedades por golpe de calor se incrementarían en 38%, las gastrointestinales en 7% y las transmitidas por vector en 17 por ciento.

En el caso de enfermedades respiratorias, un aumento de las temperaturas resultaría en una disminución del número de casos. En un escenario climático de inacción, la incidencia de estas enfermedades se reduciría en 16%, mientras que en un escenario de mitigación profunda esta disminución sería de 7 por ciento.

Con respecto al clima actual, un escenario climático de inacción implicaría importantes aumentos en los costos de algunas enfermedades: entre 62 y 100% para enfermedades por golpe de calor, entre 10 y 12% para enfermedades gastrointestina-

Figura 4.8. Valor presente de los beneficios en el consumo de gas por instrumentar políticas consistentes con un escenario ideal de aplicación de políticas de mitigación en 2100

Fuente: INECC, elaboración propia.

les, y entre 25 y 31% para enfermedades transmitidas por vector. Contrariamente, en enfermedades respiratorias, un escenario climático de inacción representaría una reducción en costos con respecto al clima actual de aproximadamente 10 por ciento.

Si se consideran únicamente las enfermedades respiratorias, gastrointestinales, por golpe de calor y transmitidas por vector, un escenario climático de inacción podría representar un beneficio total acumulado durante este siglo (a valor presente) cercano a los $5,063 millones de dólares. Este resultado puede atribuirse a que el volumen de casos de enfermedades respiratorias es 5 veces mayor que el agregado de los otros tres grupos de enfermedades (gastrointestinales, por golpe de calor y transmitidas por vector).

Uno de los grupos de enfermedades que incrementará su recurrencia es el de las transmitidas por vector, y se puede asociar a complicaciones en el alcance del objetivo 3 de los ODS, "Salud y bienestar", y 6, "Agua limpia y saneamiento".

Turismo

El cambio climático tendrá impactos significativos en la atracción de turistas extranjeros a México. Los costos y beneficios para el turismo de internación durante este siglo dependen en forma dominante del crecimiento económico proyectado para los países de origen. Manteniendo el ingreso de los turistas de internación constante, un escenario climático de inacción podría representar ganancias acumuladas, durante este siglo, cercanas a los $17,000 millones de dólares.

Los efectos del cambio climático en el turismo de internación son heterogéneos en el ámbito estatal y algunos estados pueden enfrentar costos considerables. En un escenario climático de inacción, Quintana Roo podría tener pérdidas económicas acumuladas durante este siglo de alrededor de $107,000 mdd, mientras que para Jalisco podría representar beneficios de $52,000 millones de dólares.

Riesgos por inundaciones fluviales y costeras

Los riesgos por inundaciones fluviales y costeras en México son elevados

Con las condiciones climáticas actuales, el promedio estatal del daño anual esperado por inundaciones fluviales asciende a $200 millones de dólares. Tamaulipas, Veracruz y San Luis Potosí son los estados con mayores niveles de riesgo, con daños anuales esperados que oscilarían entre $400 y $800 millones de dólares. Actualmente, el costo total en México por daños causados por inundaciones fluviales es de aproximadamente $7,000 mdd por año.

En el riesgo por inundación fluvial, los efectos del cambio climático en los estados tienden a ser diferenciados debido a que los cambios proyectados en precipitación son heterogéneos. A pesar de que en condiciones de cambio climático el riesgo por inundación fluvial podría aumentar en la mayor parte del país, dicho riesgo podría disminuir en algunos estados. Tabasco se encuentra entre los estados para los cuales el cambio climático podría implicar una reducción de este riesgo, debido a posibles reducciones de la precipitación en el sureste del país durante este siglo.

Los estados con mayores niveles de riesgo por inundación fluvial son Tamaulipas, Veracruz y San Luis Potosí, aun bajo un escenario de mitigación consistente con el Acuerdo de París. Sin embargo, en comparación con condiciones climáticas actuales, el mayor aumento de este riesgo ocurre en los estados del centro del país.

Actualmente, el costo anual del daño esperado por inundaciones costeras es cercano a $130 millones de dólares. Para el 2080 se proyecta que, debido a cambios en las condiciones socioeconómicas únicamente, este daño aumentaría a $2,000 mdd por año. El efecto combinado del desarrollo socioeconómico en regiones costeras y el incremento proyectado del nivel del mar llevaría a daños esperados de hasta $10,000 mdd anuales hasta 2100.

El aumento del nivel del mar incrementará el riesgo por inundación en todos los estados costeros del país. Sin embargo, algunos estados experimentarán impactos mayores. Yucatán es el estado del país con mayor riesgo por inundación costera: actualmente el costo del daño anual esperado en dicha entidad es de $67 mdd y se proyecta que, en condiciones de cambio climático, esta cifra pueda aumentar hasta $4,000 mdd en 2100. Otros estados en los que se producirían importantes aumentos en el riesgo por inundaciones costeras son Campeche, Sonora y Baja California Sur.

La construcción de infraestructura de protección adicional (diques) es una medida de adaptación que puede limitar sustancialmente el riesgo por inundaciones costeras y fluviales. En un escenario climático de inacción, el desarrollo de infraestructura para la protección óptima en términos económicos podría limitar el riesgo por inundación fluvial en cifras que van de 15% en Chihuahua hasta 95% en el Estado de México.

En el caso de inundaciones costeras, el desarrollo de infraestructura para una protección óptima reduciría este riesgo en 90% o más para la mayoría de los estados costeros. Sin embargo, este nivel óptimo de protección comprendería reforzar de manera sustancial la actual infraestructura de diques para que pudiera soportar cuando menos un evento en cien años.

En el país y con las condiciones climáticas actuales, el valor presente de la inversión total para alcanzar los niveles óptimos de protección contra inundaciones fluviales y de los costos de mantenimiento durante un periodo de 100 años representa $75,000 millones de dólares. Este costo aumentaría a $90,000 mdd en un escenario climático consistente con los objetivos del Acuerdo de París. En el caso de un escenario climático de inacción, los costos de inversión y mantenimiento alcanzarían $118,000 mdd a valor presente.

Los costos totales de inversión y mantenimiento durante un periodo de 100 años para aumentar los niveles de protección costera de manera óptima en México ascienden a $2,500 mdd, en un escenario de aumento en el nivel del mar de 150 centímetros. Con las condiciones climáticas actuales, este costo sería de $350 mdd, igualmente a valor presente.

Impacto del cambio climático en la economía

El cambio climático es uno de los principales problemas ambientales del presente siglo (Stocker *et al.*, 2013; IPCC, 2014). Las características de este problema lo hacen considerablemente más riesgoso, complejo e incierto que la mayoría de los demás problemas ambientales actuales (Tol, 2013, 2014). Se espera que este fenómeno tenga impactos significativos en sistemas humanos y naturales y que afectará directamente el bienestar de una proporción significativa de la población (IPCC, 2014).

En particular, los efectos del cambio climático podrían reducir de manera significativa las perspectivas de crecimiento de los países en desarrollo y comprometer sus metas de reducción de la pobreza (Stern, 2007; Nordhaus, 2013; Burke, Hsiang & Miguel, 2015; Estrada, Tol & Gay-García, 2015a). Este fenómeno se entiende frecuentemente como un problema de estudio de la física del clima. Sin embargo, tanto sus causas como sus soluciones son predominantemente socioeconómicas.

Estudios recientes acerca de las causas y consecuencias del cambio climático muestran que el vínculo entre los procesos socioeconómicos y el clima resulta más estrecho de lo que se creía. Al igual que los impactos del calentamiento global sobre los sistemas físicos y humanos se vuelven cada vez más identificables, la influencia humana en el clima es cada vez más evidente en los registros observados.

La evolución de la temperatura global observada muestra que la tendencia general de esta variable responde, en gran medida, al desarrollo económico basado en combustibles fósiles. Esta relación es mucho más clara desde la mitad del siglo pasado, e incluso eventos socioeconómicos globales de gran magnitud han dejado su huella en las variaciones de la tasa de calentamiento observada (Estrada, Perron & Martínez-López, 2013).

Esta es una tarea compleja y llena de incertidumbre. Requiere no solo de proyecciones de clima que por sí solas cuentan con una incertidumbre enorme, sino de proyecciones de largo plazo —de crecimiento económico, poblacional y tecnológico, entre otras—, y presupone, además, contar con conocimiento acerca de la forma en que diversos sectores y aspectos serán afectados por los cambios climáticos. Más aún, implica que los impactos estimados para una variedad de sistemas naturales y humanos puedan representarse en términos económicos de manera adecuada (Ackerman, 2008; Van den Bergh & Botzen, 2014).

Los retos para el estudio de la economía de cambio climático son, por lo tanto, enormes. A pesar de los importantes avances alcanzados durante las últimas décadas en el estudio de las dimensiones física y socioeconómica del cambio climático, la investigación del tema está inescapablemente llena de incertidumbre epistémica y ontológica, de problemas y vacíos metodológicos, así como de importantes limitaciones en cuanto a disponibilidad de información (Estrada, 2015; Spiegelhalter, 2017).

En consecuencia, es importante subrayar que las proyecciones de clima, de crecimiento económico, así como de los impactos potenciales de cambio climático son indicativas y los valores numéricos deben interpretarse con reserva. La utilidad de cualquier modelo que pretende simular sistemas complejos y abiertos es, principalmente, heurística: su valor está en aprender acerca del sistema en estudio y en su capacidad para construir escenarios que permitan visualizar cómo podría responder el sistema ante estímulos externos.

Todas las proyecciones son condicionales en una gran cantidad de factores tales como supuestos, parametrizaciones, simplificaciones, así como de los datos, capacidad de modelación y conocimiento que estén disponibles. Los modelos en cambio climático no son, en general, predictivos ni sus resultados pretenden calcular la verdadera evolución del sistema modelado (Oreskes, Shrader-Frechette & Belitz, 1994).

Hechos estilizados sobre los impactos económicos del cambio climático

Los impactos producidos por cambio climático afectarán a las generaciones presentes y, con mucha mayor intensidad, a las futuras. La distribución de dichos impactos es y será fuertemente inequitativa, ya que representa riesgos desproporcionados para países de bajo ingreso y para grupos sociales con menores recursos en el seno de los mismos, ya que, en general, tienden a mostrar mayor vulnerabilidad al cambio climático y menor capacidad adaptativa (Tang, Petrie & Rao, 2009; Nordhaus, 2013, 2017; Stern, 2013; Tol, 2018).

Estos impactos son persistentes y pueden ser potencialmente irreversibles y catastróficos (Alley *et al.,* 2003; Weitzman, 2009; Stocker *et al.,* 2013; IPCC, 2014; Estrada, Tol & Gay-García, 2015b).

La agricultura es uno de los sectores más expuestos al cambio climático debido a su alta dependencia de las condiciones climáticas (Nelson, Valin & Sands, 2013; Rosenzweig *et al.*, 2013, 2014). En el caso de este sector, algunos estudios apuntan a que el cambio climático podría favorecer a algunas regiones en particular (Deschênes & Greenstone, 2007), sin embargo, la mayoría de los estudios coinciden en que el impacto global es negativo (IPCC, 2014). Más aún, puede considerarse que la agricultura es el principal canal de los impactos del cambio climático en la pobreza (Schmidhuber & Tubiello, 2007; Hallegatte *et al.*, 2015).

El cambio climático puede afectar severamente la seguridad alimentaria y, para finales de este siglo, podría poner en riesgo de hambre a entre 5 y 170 millones de personas adicionales, en función del esquema de desarrollo socioeconómico que se asuma (Schmidhuber & Tubiello, 2007).

En los sectores industrial, comercial y de servicios, los efectos del cambio climático se transmiten principalmente por el impacto en la productividad laboral (Niemelä *et al.*, 2002; Federspiel *et al.*, 2004; Hsiang, 2010; Cachon, Gallino & Olivares, 2012). La literatura médica y la de productividad laboral han establecido que existe una relación sistemática entre estrés térmico y desempeño en el trabajo (Seppänen, Fisk & Lei, 2006).

En general, mayores temperaturas tienden a ocasionar decrementos significativos en la productividad, aun en ambientes con temperatura acondicionada. Asimismo, la intensificación de eventos hidrometeorológicos puede también afectar la productividad laboral (Hallegatte, Hourcade & Dumas, 2007).

En algunos países en desarrollo se presentan retroalimentaciones entre enfermedades, baja productividad laboral, pobreza y servicios de salud deficientes que se estima serán agravados por cambio climático (Gallup *et al.*, 1999; Fankhauser & S.J. Tol, 2005). Se

espera que el cambio climático tendrá efectos importantes en el volumen de exportaciones (Jones & Olken, 2010).

Los mayores efectos negativos se dan sobre las exportaciones agrícolas, aunque el sector de manufacturas también se ve afectado por los cambios en el clima, en particular el de las manufacturas ligeras.

El cambio climático puede tener importantes efectos sobre el turismo, el cual es uno de los sectores de mayor volumen y crecimiento en la economía (Rosselló-Nadal, 2014). La literatura ha mostrado que el volumen total de turistas depende principalmente de las condiciones socioeconómicas mundiales y que posiblemente el cambio climático no afecte el turismo a nivel agregado.

Sin embargo, los patrones del turismo internacional podrían modificarse como respuesta a los cambios en el clima, lo que resultaría en ganancias o pérdidas para algunos países (Hamilton, Maddison & Tol, 2005). Se espera que el flujo de turistas se desplace hacia destinos en latitudes altas y que el turismo doméstico en estas regiones se incremente de manera sustancial (Maddison, 2001; Hamilton, Maddison & Tol, 2005; Berrittella *et al.*, 2006; Gössling & Hall, 2006).

De igual forma, la literatura sugiere que cambios en el clima, así como la ocurrencia de eventos meteorológicos, pueden tener importantes efectos sobre una gran variedad de aspectos socioeconómicos, tales como salud, pobreza y conflicto social, entre otros (Deschênes & Moretti, 2009; Deschênes & Greenstone, 2011; Dell, Jones & Olken, 2014; Hallegatte *et al.*, 2015; Hallegatte & Rozenberg, 2017).

El cambio climático afectará diversos aspectos determinantes para la salud humana, tales como calidad del aire, disponibilidad de agua potable y alimentos, y se espera que para mediados del siglo este fenómeno añada 250,000 muertes anuales adicionales por desnutrición y enfermedades como malaria y cólera, entre otras (Hales *et al.*, 2014).

El cambio climático resulta un factor importante que dificultará el combate a la pobreza debido a sus impactos en la producción agrícola, la seguridad alimentaria, los ecosistemas y la salud humana, entre otros (Hallegatte *et al.*, 2015).

Adicionalmente, análisis recientes muestran que existe una relación entre conflicto e inestabilidad social y variables climáticas. La evidencia empírica sugiere que cambios de una desviación estándar hacia temperaturas más cálidas o hacia precipitaciones más extremas aumentan el riesgo de conflicto grupal en 14% y de violencia interpersonal en 4% (Hsiang, Burke & Miguel, 2013).

Sin embargo, en el contexto global, la mayoría de los estudios sobre la economía del cambio climático sugiere que los costos acumulados por este fenómeno durante el presente siglo serán relativamente pequeños, comparables con la pérdida de un año de PIB mundial (Tol, 2009, 2014). Estos resultados probablemente reflejan que el estudio de la economía del cambio climático es joven aún y que requiere importantes esfuerzos de investigación (Weitzman, 2009; Füssel, 2010; Arrow *et al.,* 2013; Stern, 2013).

Nuevos estudios advierten que estos costos pueden estar subestimados de manera significativa. Entre las causas más importantes que se han identificado para dicha subestimación destacan: la dificultad de valorar bienes que no tienen mercado (típicamente, la biodiversidad); la valoración incompleta de aspectos y sectores que serán afectados por el cambio climático; problemas de modelación; información limitada acerca de los impactos observados de clima y tiempo, así como la ignorancia de los efectos sinérgicos que otros problemas ambientales podrían tener (Weitzman, 2009; Hsiang, Burke & Miguel, 2013; Van den Bergh & Botzen, 2014; Burke, Hsiang & Miguel, 2015; Estrada, Wouter Botzen & Tol, 2015; Estrada, Botzen & Tol, 2017).

Las grandes ciudades proveen un ejemplo de cómo dichas sinergias pueden incrementar de forma considerable los impactos esperados durante este siglo. En las grandes áreas urbanas existe una convergencia de diversos problemas ambientales, así como una enorme concentración de población y producción económica (Rosenzweig *et al.,* 2011).

En particular, las grandes ciudades estarán expuestas a los efectos conjuntos de cambio climático global y de cambio climático local producidos por el fenómeno de isla de calor (Estrada, Botzen & Tol, 2017). En general, el aumento de la temperatura causado por la isla de calor en estas ciudades podría ser cercano en magnitud de aquel que se espera por el cambio climático global. De esta forma, a finales de siglo las grandes ciudades podrían enfrentar incrementos de hasta 8°C en su temperatura anual promedio.

Relación clima y crecimiento económico

En la literatura económica se ha analizado la relación existente entre tasas de crecimiento del ingreso per cápita y temperatura (algunas veces también precipitación) para inferir el efecto del clima en el crecimiento económico durante el periodo histórico. En general, los resultados apuntan a que el clima y otros factores geográficos ayudan a explicar parcialmente las diferencias en crecimiento económico entre países y regiones. Sin embargo, existen fuertes discrepancias en torno de si, en la actualidad, el clima sigue siendo un factor que afecte de forma importante el crecimiento económico.

Una de las corrientes sugiere que los efectos de variables geográficas tuvieron en el pasado un papel importante en el desarrollo económico de los países y que estos efectos continúan en el presente y persistirán en el futuro. Los mecanismos propuestos acerca de la manera en que el clima afecta el desarrollo económico incluyen los impactos de la temperatura sobre la carga de morbilidad, la productividad agrícola, y los costos de transporte (Diamond, 1997; Gallup *et al.,* 1999; Gallup & Sachs, 2001; Sachs, 2001). Por lo contrario, la "hipótesis institucional" propone que las diferencias en crecimiento económico provienen de la forma en que las sociedades se organizaron y, en particular, de los objetivos y la fortaleza de sus instituciones (North & Thomas, 1973; Acemoglu, Johnson & Robinson, 2001, 2003; Acemoglu, Ticchi & Vindigni, 2011).

Algunos de estos autores sugieren que la geografía, y en particular las tasas de mortalidad de europeos que migraron, influyeron en la calidad y el tipo de instituciones que fueron establecidas en las colonias europeas.

Otros autores se han enfocado en separar los efectos históricos y contemporáneos de la relación entre ingreso y temperatura para examinar con mayor detalle si los efectos del clima continúan siendo un factor importante para explicar las diferencias de crecimiento económico entre países (Horowitz, 2009).

Los resultados sugieren que el clima sigue siendo un factor importante en el crecimiento económico actual y que un aumento uniforme de 1°C en todos los países del mundo llevaría a una disminución de 3.8% del PIB global. Los impactos económicos son diferentes en función del nivel de desarrollo de los países (Tol, 2009; Jones & Olken, 2010; Dell, Jones & Olken, 2012, 2014). Estudios recientes indican que un aumento de 1°C reduciría en 1.3% el crecimiento económico en países pobres (Dell, Jones & Olken, 2012).

Resultados similares se reportan para once países de Latinoamérica (incluido México) y Estados Unidos (Dell, Jones & Olken, 2009). Dicho estudio sugiere que un aumento en la temperatura afecta el ingreso que perciben los individuos, tanto si se compara entre países como en el interior de los mismos: un aumento de 1°C en la temperatura está asociado con una disminución en el PIB per cápita municipal de entre 1.2 y 1.9 por ciento. Los resultados sugieren que los choques de temperatura afectan la tasa de crecimiento económico y no solamente el nivel del producto.

Costos económicos de la Contribución Nacionalmente Determinada (CND)

México ha sido pionero en asumir sus compromisos frente al cambio climático en el contexto global. El 30 de marzo de 2015, el gobierno federal, por conducto del secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales, presentó su Contribución Prevista y Nacionalmente Determinada (INDC por sus siglas en inglés, *Intended Nationally Determined Contributions*) a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y fue el primer país en vías de desarrollo en hacerlo; así, participó en la instauración de un nuevo acuerdo climático global, jurídicamente vinculante para todas las Partes de la Convención y, además, fue el primero en incluir compromisos en materia de adaptación al cambio climático.

La propuesta de INDC de México definía dos niveles de compromiso, uno sujeto a contribuciones no condicionadas y otro, más ambicioso, que incluiría contribuciones condicionadas, sujeto al apoyo internacional.

El 22 de abril de 2016, México suscribió el Acuerdo de París, hecho que eliminó el carácter previsto del compromiso del país frente al cambio climático y significó la confirmación de la ahora contribución nacionalmente determinada o CND en el plano nacional.

Cabe mencionar que la SEMARNAT es la entidad responsable de las decisiones de alto nivel en materia de CND y de las políticas de cambio climático, en tanto que el INECC es la entidad de gobierno que

apoya a esta Secretaría en la evaluación y conjunción de esfuerzos para lograr las metas correspondientes de la CND e indicar las rutas tecnológicas respectivas, así como el costo económico de las mismas.

En particular conviene destacar que, en el documento que se sometió a la Convención, el compromiso no condicionado enunciaba una reducción de 22% de las emisiones de GEI en 2030, respecto de un escenario tendencial con una línea base que implicaba no emprender acciones contra el proceso de cambio climático.

Posteriormente, el 14 de diciembre de 2015, el INECC publicó el documento "Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030" (difundido por el Gobierno de la República). En este se expresó, a grandes rasgos, la ruta temporal de mitigación de GEI para el periodo de 2014-2030 para ocho sectores económicos. (Véanse la **Tabla 4.1** y la **Figura 4.9**, que se toman de ese documento de referencia.)

En el documento recién citado se asentó que, a partir del *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero* (2013), emprendida por el gobierno federal, "se construyó la Contribución Prevista y Determinada a nivel Nacional que se presentó ante las Naciones Unidas el 27 de marzo de 2015 […]"

Por su parte, en dicha contribución se estableció que, para su elaboración, "se [consultó] a diversos actores de la sociedad civil; entre ellos, organizaciones no gubernamentales, academia y representantes de la industria privada de todos los sectores de la economía, mediante talleres participativos y una encuesta […] nacional".

En efecto, la elaboración de la CND de México fue el resultado de una búsqueda de consenso social y de la colaboración de múltiples entidades públicas, resultado que concluyó con una serie de medidas cuya cabal consecución podría lograr la reducción prevista de 22% de GEI para el año 2030.

En congruencia con las metodologías aplicadas por el IPCC en 2015, y de común acuerdo con diversas secretarías de Estado, la SEMARNAT y el INECC propusieron establecer medidas de mitigación que respaldarían el compromiso no condicionado de reducción de emisiones.

Tabla 4.1. Emisiones nacionales de GEI según el escenario tendencial y las metas de reducción INDC no condicionadas, 2020-2030

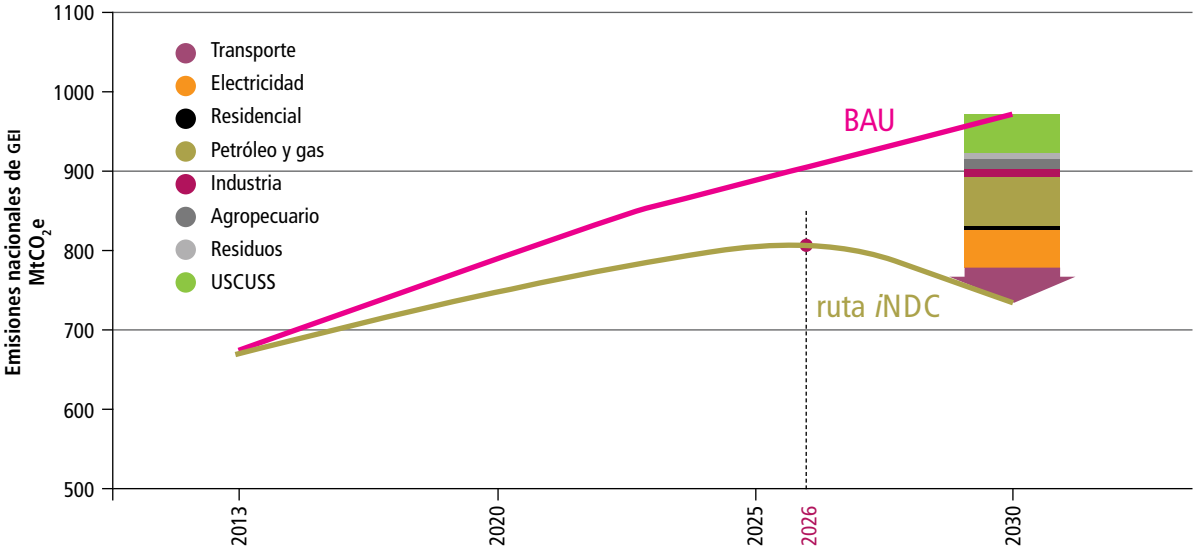
-22% GEI Meta al 2030					Emisiones de GEI ($MtCO_2e$) No condicionada
Actividad	Línea base				
	2013	2020	2025	2030	2030
Transporte	174	214	237	266	218
Generación de electricidad	127	143	181	202	139
Residencial y comercial	27	27	27	28	23
Petróleo y gas	80	123	132	137	118
Industria	115	125	144	165	157
Agrícultura y ganadería	80	88	90	93	86
Residuos	31	40	45	49	35
Subtotal	633	760	856	941	776
USCUSS*	32	32	32	32	-14
Emisiones totales**	665	792	888	973	962

* uscuss Usos del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.
** La suma de los valores de los sectores puede no coincidor con el total por efecto del redondeo.
Fuente: "Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030", INECC/Gobierno de la República, diciembre 14 de 2015, p. 9.

En el documento "Compromisos de Mitigación…" se esbozaron algunas medidas de mitigación *de referencia*, mediante las cuales podrían alcanzarse las metas sectoriales de reducción que, conjuntamente, llevarían la reducción de GEI a 22% en 2030 (**Tabla 4.2**).

En etapas posteriores, SEMARNAT y el INECC diseñaron con detalle treinta medidas a instrumentar en ocho sectores de la economía.

Figura 4.9. Emisiones nacionales de GEI según el escenario tendencial (BAU) y las metas de reducción INDC no condicionadas, 2013-2030



Fuente: imagen tomada de "Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030", INECC/Gobierno de la República, diciembre 14 de 2015, p. 10.

Las treinta medidas originales, que contaban con una narrativa propia de prospección hacia 2030, no pueden considerarse como la CND *oficial* de México, más bien deben percibirse como medidas *indicativas* mediante las cuales podría alcanzarse la meta de reducción de 22% de GEI en 2030 (**Tabla 4.2**). Para cada una de estas, el INECC elaboró una ruta específica de costos que utilizó para calcular el costo total del esfuerzo que invertiría México durante el periodo 2014-2030.

Una vez ratificado el Acuerdo de París en la COP 22, se inauguró, a principios de 2016, una etapa de acción necesaria en todos los países firmantes. Para México resultó imperativo sustentar ante la sociedad mexicana y sus cuerpos legislativos la esencia del compromiso, la forma de alcanzar las metas y el costo de llevarlas a cabo como referente de los requerimientos de inversión.

En este contexto, en mayo de 2016, el INECC, con el apoyo de la Agencia Danesa de Energía (DEA, por sus siglas en inglés), y en el marco del Programa México-Dinamarca de Mitigación de Cambio Climático y Energía (CCMEP, por sus siglas en inglés; The Mexico-Denmark Climate Change Mitigation and Energy Program) inició el análisis de la cuantificación de los costos de mitigación de las treinta medidas no condicionadas de la CND para cumplir con la meta de abatimiento de GEI.

Los resultados de casi dos años de estudio se plasman en el documento "Costos de las contribuciones nacionalmente determinadas de México" (INECC, 2018). Desde el punto de vista económico, dichos resultados constituyen un elemento que debe tomarse en cuenta para el diseño de políticas públicas nacionales en los siguientes años, y para realizar nuevos estudios de estimación de costos de medidas que surjan a partir de nuevas rutas tecnológicas con el fin de alcanzar mayores reducciones de GEI.

Cabe mencionar que este esfuerzo generó importantes curvas de aprendizaje de estimación de costos susceptibles de ser aplicadas a las nuevas condiciones macroeconómicas y actualizaciones pertinentes a partir de nuevos parámetros aplicables a estas y nuevas medidas de mitigación.

Las actividades que realizó el INECC con el apoyo del CCMEP para obtener los costos de la CND se pueden resumir en las siguientes líneas de acción:

Tabla 4.2. Medidas de mitigación indicativas de la CND no condicionada

Sector	30 medidas
I. Transporte (fuentes móviles)	I-1 Actualizar la norma de emisiones y eficiencia energética para vehículos ligero; nuevos
	I-2 Ejecutar programas de densificación de ciudades y acciones para adoptar sistemas de transporte integrado
	I-3 Realizar un cambio modal en transporte de carga
	I-4 Publicar una norma de emisiones y eficiencia energética para vehículos pesados nuevos
	I-5 Restringir la importación de vehículos usados
	I-6 Construir trenes interurbanos de pasajeros
	I-7 Acelerar la penetración de tecnologías limpias y eficientes en autotransporte
	I-8 Aplicar programas de introducción de vehículos de transporte público a gas natural
II. Eléctrico	II-1 Alcanzar 35 por ciento de energía limpia en 2024 y 43 por ciento al 2030
	II-2 Modernizar la planta de generación
	II-3 Reducir las pérdidas técnicas en la red eléctrica
	II-4 Sustituir el combustóleo por gas natural
III. Residencial y comercial	III-1 Utilizar equipos ahorradores de agua para disminuir la demanda de energía para calentamiento de agua
	III-2 Sustituir calentadores convencionales por otros eficientes (instantáneos y solares)
IV. Petróleo y gas	IV-1 Ejecutar la Iniciativa Global de Reducción de Metano (GM)
	IV-2 Reducir las emisiones fugitivas por NAMA
	IV-3 Participar en las metas de generación y autoabasto con energías limpias (cogeneración)
	IV-4 Instrumentar sistemas de captura, almacenamiento y uso de dióxido de carbono (CCUS)
	IV-5 Sustituir combustibles pesados por gas natural en el Sistema Nacional de Refinación
V. Industrial	V-1 Ejecutar NAMA del sector cementero
	V-2 Participar en las metas de generación y auto abasto con energías limpias
	V-3 Utilizar esquilmos como combustible
	V-4 Sustituir combustóleo por combustibles más limpios, como el gas natural
VI. Agricultura y ganadería	VI-1 Disminuir la quema de residuos de cosechas en campo en superficies agrícolas, con asistencia técnica en siete estados del país con mayor generación de residuos
	VI-2 Instalar y operar biodigestores para las excretas de ganado estabulado
	VI-3 Sustituir los fertilizantes sintéticos nitrogenados por biofertilizantes
VII. Residuos	VII-1 Alcanzar cero emisiones de metano en rellenos sanitarios en 2030
	VII-2 Lograr cero quemas a cielo abierto al 2030
VIII. USCUSS	VIII-1 Alcanzar una tasa de deforestación cero para el 2030 mediante la Estrategia Nacional REDD+ (ENAREDD+)
	VIII-2 Fomentar el manejo forestal sustentable e incremento de la productividad en bosques y selvas con vocación productiva y en terrenos con potencial para establecer plantaciones forestales comerciales

Fuente: INECC, 2015.

- Análisis de costos desagregados por cada medida y sector.
- Diálogos público-privados (DPP) con representantes de los sectores para apoyar la definición e instrumentación de medidas de mitigación.
- Análisis de criterios que rebasan los factores económicos; por ejemplo, criterios sociales y de cobeneficio ecológico vinculados con las metas de desarrollo sostenible.
- Interacción temprana con instituciones financieras para incluir criterios financieros en la elaboración de los análisis de costos.

Con estas cuatro líneas de acción se evaluaron los costos de la instrumentación de la CND, se definieron las rutas óptimas de costos y se reforzaron las capacidades institucionales para analizar los aspectos económicos de las estrategias de mitigación.

Resulta importante advertir que dicho trabajo fue, en rigor, un ejercicio contable para sufragar las medidas que se derivaron del primer proceso de auscultación para determinar la CND de México.

En modo alguno, las treinta medidas cuyos costos se han calculado pueden considerarse como definitivas o inamovibles para alcanzar las metas de reducción de México, ya que respondieron inicialmente a las condiciones generales del momento y sustentaron, con base en un considerable consenso, el compromiso no condicionado de reducción de 22% de las emisiones de GEI en el año 2030.

En algunos casos, ciertas medidas pueden verse —actualmente (2018)— como obsoletas. Análogamente, la construcción de sus proyectos de desarrollo para alcanzar las metas previstas puede ser discutible e, igualmente, los supuestos básicos con que se elaboraron.

Consecuentemente, el ejercicio desarrollado con la estimación de costos global de las treinta medidas es, por supuesto, perfectible. Sin embargo, ha permitido arrojar luz sobre los montos de las erogaciones, para el país, de su CND original.

Costos económicos de la CND no condicionada, por sector

México puede ahorrar más de $17,000 mdd si ejecuta la CND no condicionada. La estimación de los costos de mitigación para el periodo 2014-2030 mostró que, en el escenario tendencial, el costo bruto de la inacción para 2030 es de $143,421 mdd de 2017, es decir, que hacer nada en materia de mitigación del cambio climático representa para el país un costo equivalente a más de 13 puntos porcentuales del PIB de 2017.

De manera alternativa, el costo bruto por ejecutar las medidas de mitigación asciende a $126,024 mdd, equivalentes a casi 11.5% del PIB del año referido. El resultado indica un costo neto negativo de $17,397 millones de dólares. De instrumentarse las 30 medidas de referencia, cada tonelada mitigada costaría, en promedio, -$11.5 dólares y se generaría un ahorro de 1.5% del PIB con un consecuente desacoplamiento parcial entre las emisiones y el crecimiento económico.

El país asume los compromisos para hacer frente a las medidas no condicionadas y, por su parte, los recursos financieros podrán provenir de varias fuentes, entre las que se encuentran: las bancas comercial y de desarrollo, el llamado Fondo para el Cambio Climático, el Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación en materia de cambio climático, bonos verdes, Fondo Sectorial de Investigación Ambiental, Fondo para la Transición y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE), Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), Mecanismo de Desarrollo Limpio (proyectos ejecutados con reducciones certificadas de emisiones), y otras.

Si bien la ejecución de algunas de las medidas traerá invariablemente costos, en algunos sectores el costo neto será negativo por la obtención directa de ahorros en su ejecución. Además, es importante mencionar que, en las 30 medidas, las economías de escala inciden en la disminución gradual del costo medio de mitigación durante el periodo CND, al pasar de $55.6 dólares por tonelada en 2014, a -$22.7 dólares en 2030.

Destacan las 12 medidas comprendidas en los sectores eléctrico y de transporte, las cuales representan 53% de la mitigación de la CND, y que costarán más de $96,000 millones de dólares. En términos generales, los dos sectores contabilizarán ahorros asociados del orden de 36,000 mdd a lo largo del periodo (**Figura 4.10**).

Otras medidas cuya instrumentación puede generar ahorros significativos se encontraron en el sector residencial y comercial, principalmente por utilizar equipos ahorradores de agua; en las tres medidas planteadas en el sector agricultura y ganadería y en el sector industrial, la sustitución de combustóleo por combustibles más limpios permite ahorros elevados, a pesar de que es una de las medidas que requieren de mayores erogaciones para su ejecución.

La ejecución de medidas de mitigación en cinco de los sectores económicos abordados por la CND (USCUSS, residuos, industria, agricultura y ganadería, y el sector residencial y comercial) representa costos brutos relativamente bajos, asociados con costos medios de mitigación cercanos a cero (**Figura 4.11**), lo cual muestra su viabilidad económica, pues, a pesar de que su costo es mayor que el de la mera inacción, la magnitud de su diferencia es pequeña.

Residencial y comercial

Los ahorros previstos por la aplicación de las medidas de mitigación en el sector residencial y comercial son 1.2 veces mayores que los costos.

La CND del sector residencial y comercial integró dos medidas no condicionadas que, de instrumentarse, mitigarían 5 $MtCO_2e$ en el año 2030. La inversión necesaria para cumplir con las metas del sector durante el periodo 2014-2030, es de $1,124 mdd, con un costo neto de -$227 millones de dólares. El costo promedio ponderado de mitigación en el año 2030 es de -$12.6 dólares/$tCO_2e$. Los ahorros previstos por la aplicación de las medidas de mitigación son 1.2 veces mayores que los costos; además, las erogaciones para cumplir con el compromiso son bajas en relación con las necesarias para otros sectores.

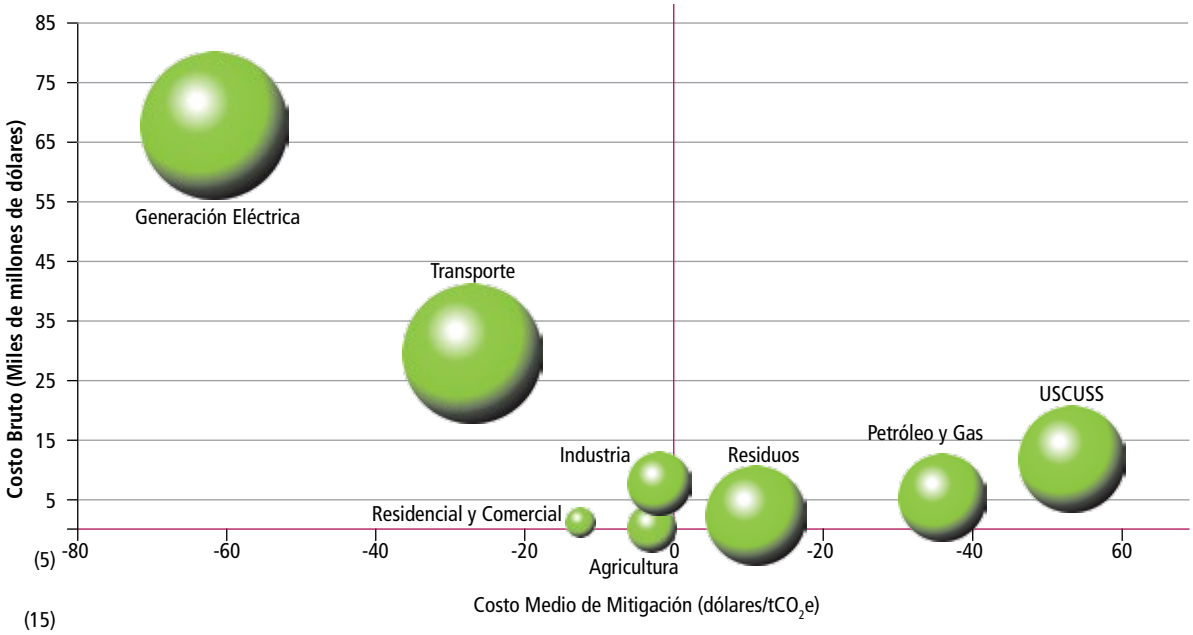
Las emisiones de este sector se atribuyen a la combustión de gas licuado de petróleo (GLP), gas natural, leña y diésel. Tanto en el ámbito residencial como en el comercial, el calentamiento de

Figura 4.10. **Resultados del proceso de estimación de costos de la CND no condicionada, 2014-2030**

	Total	Generación eléctrica	Transporte	USCUSS	Residuos	Petróleo y Gas	Industria	Agricultura	Residencial & Comercial
Costo bruto (Millones de dólares)	126,024	67,750	29,580	11,784	2,193	5,425	7,888	280	1,124
Costo neto (Millones de dólares)	-17,397	-26,234	-10,039	11,784	2,193	5,425	-159	-140	-227
Costo medio de mitigación (Dólares/tCO_2e)	-11.5	-61.3	-26.8	53.3	10.9	35.9	-2	-3	-12.6

Nota: El volumen de las esferas representa la mitigación de cada sector.
Fuente: INECC, 2018.

Figura 4.11. **Costo bruto y costo medio de mitigación, 2014-2030**



Nota: El volumen de las esferas representa, a su vez, el volumen de la mitigación de cada sector.
Fuente: INECC, 2018.

agua y la cocción de alimentos representan las actividades con mayor demanda de combustibles.

Las dos medidas indicativas de mitigación planteadas para este sector son: *1)* Utilizar equipos ahorradores de agua para disminuir la demanda de energía para su calentamiento. La meta para 2030 es sustituir 75% de las regaderas convencionales por regaderas ahorradoras. *2)* Sustituir calentadores convencionales por calentadores eficientes (instantáneos) y solares, para alcanzar la meta de 50% de sustitución del parque integrado con tecnologías tradicionales.

En México ya están en marcha programas públicos relacionados con la sustitución de calentadores, como el Programa de Calentamiento Solar de Agua México 2014-2018 a cargo de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE); los programas Eco-Crédito Empresarial Masivo, 2012-2017; el Programa de Mejoramiento Integral Sustentable en Vivienda del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE); algunos programas piloto de fomento al uso de sistemas de calentamiento solar de agua dentro del sector comercial (en Yucatán) y programas locales, a pequeña escala, para otorgar en forma gratuita regaderas ahorradoras.

La medida relacionada con los equipos ahorradores es la que genera mayor mitigación, ahorro y menor costo, y la que puede incrementar sus beneficios si se conjuga con otras opciones tecnológicas como, por ejemplo, la utilización de equipos reguladores de flujo de agua o el cálculo y la incorporación de los ahorros de electricidad atribuibles a una disminución del bombeo de agua.

Petróleo y gas

Adicionalmente a los beneficios ambientales de las potenciales medidas a instrumentar en el sector petróleo y gas, el desarrollo de las mismas podría crear nuevas oportunidades de negocio y asegurar la sustentabilidad financiera de la empresa nacional de petróleo.

En términos gruesos, el sector requiere una inversión de $5,400 mdd en el periodo 2014-2030 y el costo medio ponderado de mitigación de las medidas consideradas es de $36 dólares/t$CO_2$e en 2030. Este costo podría disminuir en función de una mayor participación de Petróleos Mexicanos

(PEMEX) en el análisis y el acceso a información actualizada y específica para cada centro de trabajo, y una identificación exhaustiva de potenciales proyectos de mitigación.[6]

Industria

De las cuatro medidas de mitigación propuestas para el sector industrial, dos están relacionadas con acciones para aumentar la participación de fuentes limpias de energía y combustibles más limpios en los procesos industriales. Para la aplicación de ambas medidas se estima una inversión de $6,087 mdd en el periodo 2014-2030, que generaría ahorros por $1,960 millones de dólares. El costo medio ponderado de mitigación por estas dos medidas es de -$78 dólares/t$CO_2$e en 2030. De esta forma, el sector industrial mexicano se alinearía con las metas de generación a partir de fuentes limpias establecidas para el país.

Por otra parte, la inversión estimada para el desarrollo de cuatro medidas de mitigación aplicadas a procesos industriales es de $7,900 mdd en el periodo 2014-2030. La plena ejecución de estas medidas podría generar ahorros por $160 millones de dólares. El costo medio ponderado de mitigación del sector es de -$2 dólares/t$CO_2$e en 2030. Este "costo negativo" denota que, aun cuando las medidas son intensivas en inversión y en el largo plazo implican costos elevados, son, sin embargo, financieramente atractivas.

En 2015, las emisiones de GEI del sector industrial fueron 17% del total. Continuar con esta tendencia implicaría un aumento de 47% en las emisiones de GEI y de 60% de carbono negro. Las medidas de la CND que están orientadas hacia los procesos industriales contribuyen con 1% del esfuerzo nacional y representan una disminución de 5% respecto de las emisiones tendenciales del sector.

Las acciones potenciales de mitigación que el sector podría emprender no solo tendrían beneficios ambientales, también contribuirían a mayor competitividad, eficiencia, valor agregado y a la reducción de la vulnerabilidad energética generalmente atribuible a las fluctuaciones de precios de los combustibles fósiles.

Transporte

Al considerar ocho medidas de mitigación en el sector, la inversión estimada para lograr su ejecución asciende aproximadamente a $29,500 mdd entre 2014 y 2030, la cual, en un escenario tendencial de inacción, generaría ahorros de $10,000 mdd durante el mismo periodo. El costo medio ponderado de mitigación del sector es de -$26.8 dólares/t$CO_2$e. Cabe destacar que, a pesar de que los costos son considerables, en el largo plazo generarán ahorros, principalmente por la disminución del consumo de combustible derivado de un uso más eficiente de la energía y la creciente penetración de tecnologías más limpias.

El sector transporte en México es el mayor emisor de GEI con 25% de las emisiones totales nacionales, de las cuales, 23.4% corresponden a autotransporte (INECC & SEMARNAT, 2015; Gobierno de la República, 2015); en consecuencia, presenta un elevado potencial de mitigación.

Algunas de las medidas de mitigación que ya presentan cierto nivel de avance son:

- La norma 163 vigente, que regula las emisiones de CO_2 provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible para vehículos ligeros nuevos extendió, su aplicabilidad a vehículos año-modelo 2017.
- El tren ligero México-Toluca, el cual se espera que inicie operaciones en 2018, en junio de 2017 cuenta con un avance físico de 57.4 por ciento. Su longitud final es de 58 km, distancia que, una vez iniciada su operación, se recorrerá en 39 minutos; podrá movilizar a 230,000 pasajeros por día, lo cual disminuirá el tráfico vehicular en beneficio de 3.5 millones de habitantes; se dejarán de emitir 27,827 toneladas de CO_2e por año y generará ahorros por tiempos de viaje y disminución en gastos de operación vehicular (SCT, 2018).

[6] Actualmente PEMEX opera el reacondicionamiento de un ducto para el suministro de gas natural con el fin de reducir gradualmente el uso de combustóleo en la Refinería Ing. Antonio Dovalí Jaime, de Salina Cruz, Oaxaca.

Cabe mencionar que el tren México-Querétaro, que también se consideró en la CND, fue cancelado.

- Aunque las ventas de vehículos con tecnologías limpias y eficientes como los autos híbridos y eléctricos han aumentado en los últimos años, su participación respecto al total de ventas de vehículos ligeros aún no supera el uno por ciento.
- En el caso de la introducción de vehículos de transporte público a gas natural, de diciembre de 2012 a junio de 2017 se incorporaron a la flota de transporte público 847 vehículos que usan este tipo de combustible.
- De 2013 a 2016 se construyeron 96.8 km de vías férreas. En 2016 se creó la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF), esencial para lograr un mayor crecimiento y consolidación del sector (Presidencia de la República, 2017).

Además de los ahorros que se obtendrán en el largo plazo, la transformación del sector transporte traerá aparejados beneficios importantes en materia de bienestar social como: la reducción de la contaminación atmosférica y auditiva, con impactos directos sobre la salud de la población; la disminución de la congestión que mejora la movilidad; el incremento en la seguridad energética, al limitar la dependencia de combustibles fósiles; y la generación de empleos, entre otros.

Generación eléctrica

El sector de generación eléctrica tiene el mayor potencial de mitigación y ahorros por la instrumentación de la CND.

La puesta en operación de cuatro medidas indicativas de mitigación en el sector de generación eléctrica requeriría una inversión estimada de aproximadamente $67,750 mdd para el periodo 2014-2030, y su plena ejecución podría lograr ahorros de $26,200 mdd para el mismo periodo. Además, los beneficios asociados a esta instrumentación pueden ser considerables, por ejemplo, en términos de generación de empleo.

Las medidas planteadas para la mitigación en este sector son: *1)* alcanzar 35% de energía limpia en 2024 y 43% para 2030; *2)* modernizar la planta de generación eléctrica; *3)* reducir las pérdidas técnicas en la red eléctrica, y *4)* sustituir el combustóleo por gas natural.

Cabe destacar que, al cierre del primer semestre de 2017, México generó 20.82% de su energía eléctrica con fuentes limpias (SENER, 2017). Además, se calcula que las pérdidas técnicas de la energía eléctrica, originadas por su conducción y transformación, son de 6.8% del consumo nacional.

Difusión de la CND: diálogos público-privados sectoriales (DPP)

Con el objetivo de difundir, validar y recibir retroalimentación acerca de las medidas de mitigación que sustentaron la estimación inicial de la CND propuesta, así como para obtener información relevante con miras al análisis de costos realizado por el INECC, se llevaron a cabo ocho DPP, a los cuales asistieron más de mil actores clave, entre los que destacan los sectores público y privado, la academia, organizaciones de la sociedad civil y organismos internacionales (**Tabla 4.3**).

Además de la presentación de las medidas del compromiso no condicionado de México (reducir a 2030 en 22% las emisiones totales de GEI), se exploraron nuevas propuestas de acciones, medidas y estrategias que permiten sumar a las metas de mitigación y aumentar la ambición. De igual manera, estos foros fueron plataformas útiles para el reconocimiento de posibles obstáculos de instrumentación, así como las necesidades, fuentes y mecanismos de financiamiento disponibles.

Durante cada DPP, se expusieron ponencias de expertos acerca de elementos técnicos relevantes a considerar, se integraron paneles temáticos sobre mitigación, política pública, financiamiento y monitoreo, reporte y verificación. También, por medio de preguntas detonadoras, se generaron discusiones y se consiguieron aportaciones de los participantes, que se registraron en una plataforma digital para su análisis.

Tabla 4.3. Resumen de los Diálogos Públicos Privados sectoriales sobre la CND

Diálogos		Asistentes	Entidades públicas, privadas, académicas, asociaciones civiles y organismos internacionales participantes
19-may-16	General	110	Colegio de Ingenieros Mecánico-Electricista CIME
11-ago-16	Generación eléctrica	130	SENER, CFE, CRE, WWF, CONUEE, PWC, BANCOMEXT, CESPEDES, SEMARNAT, SIEMENS, MITSUBISHI, TOSHIBA, WALMART, CIME.
24-ago-16	Residencial y comercial	80	SHF, INFORNAVIT, ECOCASA, CONAVI, ANES, CESPEDES, CONUEE, WWF, WWF, Gobierno de la Ciudad de México, SEMARNAT, WALMART, FEMSA, GIZ.
29-sep-16	Procesos industriales	90	CANACINTRA, CANACERO, CNIAA, CEMEX, IFC, WWF, BANOBRAS, SEMARNAT, CESPEDES, AMPIP, GRUPO BAL, FEMSA, CEMDA, AFD, GIZ.
05-oct-16	Residuos	110	UNAM, GIZ, WWF, BID, IKOS, CESPEDES, AMEXA, BANOBRAS, ECOCE, SEMARNAT, gobiernos de los estados de Querétaro, Colima, Nuevo León y Aguascalientes, AFD.
13-oct-16	Transporte	100	AMIA, AMDA, ANPACT, CESPEDES, ITDP, CTS, WRI, WWF, IEA, GIZ, IMT, SCT, SEMARNAT, CONUEE, FEMSA, AMF, DINA, VOLVO.
20-abr-17	Agricultura y ganadería	160	SAGARPA, CIMMYT, UACH, BIOBOLSA, FIRA, FIRCO, BANAMEX, CONABIO, INIFAP, BANCO MUNDIAL, UNAM, COLMEX, INEGI, COLEF.
14-jul-17	USCUSS	140	CONAFOR, FIRA, CNAIMA, WWF, INEGI, Universidad de Chapingo, SHCP, gobiernos de los estados de Chiapas, Jalisco, Puebla, PROTEAK, Fundación Ford, Alianza México REDD+, WRI, POLEA, IUCN, CEMDA.

Fuente: INECC, elaboración propia.

Los principales resultados obtenidos para cada uno de los DPP se resumen a continuación:[7]

Sector de generación eléctrica

- Para diversos participantes, la energía nuclear es una opción importante que debe considerarse.
- En el análisis técnico debe incluirse la generación distribuida y las pérdidas no técnicas.
- Las iniciativas de ahorro del consumo eléctrico y de eficiencia energética son vitales para alcanzar las metas de mitigación.
- Existen herramientas financieras disponibles, pero falta conocimiento sobre la manera de acceder a ellas y utilizarlas.

Sector transporte

- Se señaló la importancia de la disponibilidad de diésel con bajo contenido de azufre.
- La normatividad para eficiencia energética y emisiones de vehículos ligeros y pesados está en proceso de actualización y homologación con estándares estadounidenses y europeos. Además de la normatividad debe instrumentarse una adecuada gestión que considere intensidad energética, intensidad de CO_2 y demanda de transporte.
- Muchos participantes subrayaron la necesidad de promover desarrollos urbanos de alta densidad.
- El Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos presentó las herramientas financieras específicas con las que cuenta para proyectos de transporte público masivo.
- La mayoría de los participantes concuerdan en que existe un alto potencial para desarrollos de transporte ferroviario.

Sector procesos industriales

- Participantes clave, expertos y participantes en general instaron al desarrollo conjunto gobierno-sector de una línea base industrial,

[7] Las ponencias y principales resultados de cada DPP pueden consultarse en: http://dialogos.cnds.inecc.gob.mx/index.php/

así como a la participación más equitativa de las metas de mitigación entre las diferentes ramas industriales.
- Existe una gran oportunidad para incrementar la mitigación a través de acciones de eficiencia energética.
- Se resaltó la importancia y necesidad de desarrollar agendas y esfuerzos transversales.
- Se subrayó la necesidad de promover condiciones financieras preferenciales.

Sector residencial y comercial
- Existen programas exitosos para el desarrollo de vivienda verde que deberían ser socializados.
- En general se espera que la demanda de energía solar fotovoltaica crezca anualmente más de 4% hasta el año 2030.
- Se proyecta un crecimiento de 500,000 m^2 anuales de colectores solares.
- Existe la necesidad de tener leyes, normas y regulación adecuadas para el sector comercial que impulsen las acciones de mitigación.

Sector residuos
- Se expresó la necesidad de divulgar ampliamente la "NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial".
- Se subrayó la necesidad de generar legislación más amplia que contenga todos los elementos de la gestión integral de residuos.
- Armonización de la regulación nacional y regional definida para rellenos sanitarios y la de carácter local.
- Instrumentación de sistemas tarifarios locales para actividades de recolección de residuos.
- Difusión de buenas prácticas.

Sector agricultura y ganadería
- Existe la necesidad de desarrollar nuevas fuentes de financiamiento y un marco regulatorio más robusto.
- El uso de biodigestores es la medida más eficiente. Existe un potencial de incrementar la mitigación estimada.
- Es necesario desarrollar instrumentos diseñados y hechos a la medida para cada economía de escala.
- Se sugiere desarrollar una medida que incluya proceso de fermentación entérica.

Sector USCUSS
- Fortalecimiento de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente e instrumentos de protección para combatir la ilegalidad.
- Revisión de la regulación a fin de impulsar el aprovechamiento sustentable.
- Establecimiento de más fondos de garantía para aumentar las plantaciones y la reforestación.
- Impulso de una iniciativa que garantice un mínimo de créditos para el sector forestal y el fomento de un mercado forestal atractivo para el financiamiento privado.
- Generación de fideicomisos a partir del pago de impuestos para crear fondos sectoriales.
- Desarrollo de un sistema de seguros (contra incendios, plagas u otros desastres naturales).

Gracias a los DPP, los cálculos de costos incluyeron supuestos inicialmente no considerados y se generaron nuevos escenarios para estrechar las estimaciones, con las visiones propias de los sectores. Los DPP también ayudaron a crear vínculos más cercanos entre las instituciones públicas, el sector privado y la sociedad civil.

Adicionalmente, se identificaron puntos clave en cuestiones de regulación y política pública que, si bien no pueden emplearse como insumos para la estimación de costos, necesitan ser considerados para lograr la consecución de la CND. La continuidad de los diálogos resulta fundamental para lograr la instrumentación efectiva de las medidas de mitigación y, en este sentido, el INECC ha fortalecido los procesos de comunicación iniciados.

4.2 Crecimiento verde

El crecimiento verde en las políticas nacionales

El concepto de *crecimiento verde* surge de la necesidad de hacer compatible el crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental y la inclusión social, a fin de alcanzar un crecimiento verde incluyente. Este se vincula estrechamente con el combate al cambio climático, debido a que, en materia de mitigación, sugiere trabajar en la modificación de hábitos de consumo energético, uso eficiente de los recursos, promoción de políticas de aprovechamiento de tecnologías más eficientes, establecimiento de precios y límites al carbono e inversión en innovación en fuentes más limpias de energía.

En términos de adaptación al cambio climático, el crecimiento verde incrementa la productividad del trabajo, provee servicios con mayor valor agregado, formaliza los derechos de propiedad de las poblaciones más vulnerables y minimiza los impactos ambientales que disminuyen la calidad de vida de los individuos. De esta manera se contribuye al bienestar, no solo de las generaciones presentes, sino también de las futuras (INECC, 2015a).

Crecimiento verde significa fomentar el desarrollo económico y salvaguardar el medio ambiente en el que se basa el bienestar humano, lo cual lo hace esencial para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tales como los objetivos 1, 3, 6,7,8,9,12 y13 (PNUD, 2017).

La incorporación del crecimiento verde en la agenda de la política pública y el desarrollo nacional crea sinergias para el logro de los ODS y conduce a un replanteamiento del crecimiento económico de México.

El crecimiento verde ha sido adoptado formalmente como palanca de desarrollo en México a partir de 2012, con su incorporación en la planeación e instrumentación de la política federal. Tal concepto se menciona por primera vez en instrumentos jurídicos y de planeación relevantes para el país, como el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y la Estrategia de Cambio Climático, así como, de forma indirecta, en los diversos planes de trabajo de las secretarías de Estado.

Estos instrumentos han tenido un desempeño diverso, con un progreso visible en materia energética, ambiental y económica, aunque con resultados relativamente menores en sectores complejos como el educativo y el laboral.

En 2012, con la aprobación de la Ley General de Cambio Climático (LGCC), se estableció "la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono" (DOF, 2012). Esta ley es un referente internacional de política pública en materia de cambio climático y marco base para la creación, entre otros elementos, de los primeros impuestos al contenido de carbono y a los plaguicidas (Cámara de Diputados, 2013), la liberación de los precios y la creación de un nuevo mercado de gasolinas basado en la libre competencia.

Si bien estos instrumentos aún resultan limitados para generar señales claras y persistentes en el mercado —tanto por los reducidos montos de gravamen fijados como por otros incentivos existentes que apuntan en sentido contrario—,[8] constituyen el primer paso en la ruta para el cambio de patrones de consumo y la descarbonización de la economía como elementos clave para el crecimiento verde.

Un elemento relevante, derivado de esta ley, fue la conformación del INECC, institución que opera como brazo técnico para coordinar y realizar estudios y proyectos de investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático. Otra oficina gubernamental relacionada con el tema se desarrolló en 2017 como parte del gabinete del estado de Sonora, con apoyo del Instituto Global para el Crecimiento Verde, en el marco del establecimiento de la Estrategia de Crecimiento Verde, con lo que el gobierno de esta entidad se convirtió en el primero que contó con un instrumento y una institución encaminados a ese propósito.

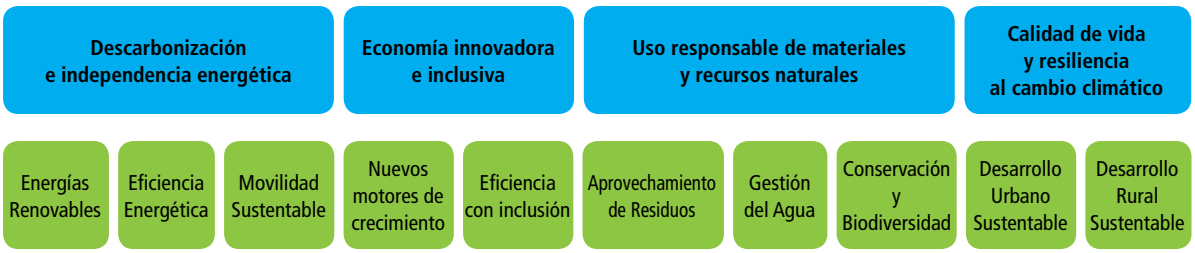
Dicha estrategia subnacional contempla como objetivos principales la descarbonización de la economía estatal, la inclusión, el uso responsable de los recursos naturales y la mejora en la calidad de vida y resiliencia al cambio climático (GGGI, 2017). Como parte de los logros obtenidos hasta el momento se encuentra la publicación de la Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora, desarrollo del fondo ambiental estatal, Proyecto BioGas a partir de desechos orgánicos, Proyecto de Acciones Climaticas del Estado de Sonora para Cumplir el Acuerdo de Paris, entre otros.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40 (ENCC), creada para la consecución de la LGCC, establece que, en su forma más básica, el crecimiento verde incluye bajas emisiones y utiliza los recursos de forma eficiente.

Este instrumento establece metas y líneas de acción para el crecimiento verde, tales como el desarrollo de mejores prácticas productivas, el fortalecimiento de instrumentos económicos, y la conservación y aprovechamiento sustentable del capital natural; sin embargo, no define acciones concretas de corto plazo ni las entidades responsables de su cumplimiento, sino que orienta las políticas y la visión del país que se espera en 10, 20 y 40 años (DOF, 2013a).

[8] Como los subsidios a la producción agrícola que apoyan la compra de fertilizantes y la adquisición de combustibles sin lineamientos adicionales vinculados a la sustentabilidad o el recientemente desaparecido subsidio a los combustibles.

Estrategia de Crecimiento Verde de Sonora: objetivos y temas articuladores



Fuente: GGGI, 2017

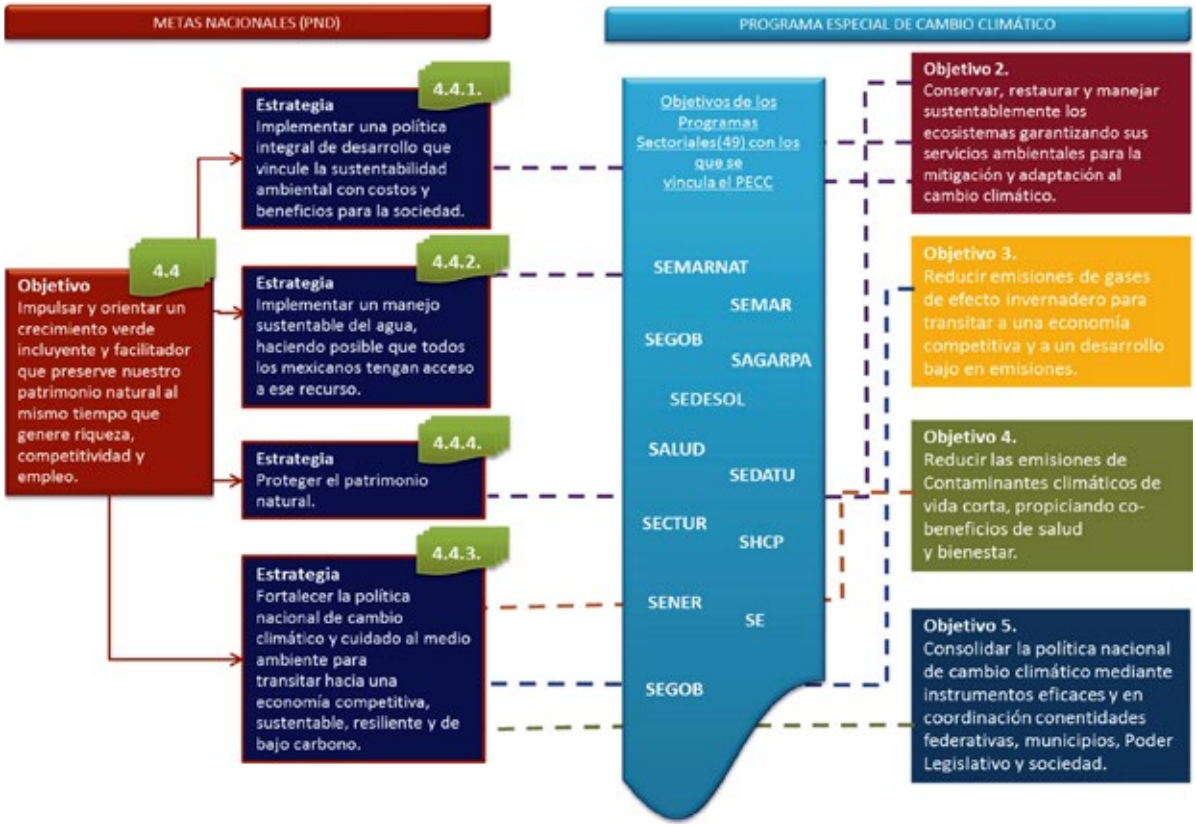
En 2013 se incluye, por primera vez y de manera explícita, el crecimiento verde como uno de los objetivos principales de política nacional en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, como parte de la meta nacional "México Próspero", que intenta "impulsar y orientar un Crecimiento Verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo" (DOF, 2013b).

Esta meta incluye dos indicadores generales, *crédito interno para el sector privado* y *competitividad global,*[9] los cuales no tienen la suficiente especificidad y desagregación para analizar la transición de la economía nacional hacia un crecimiento verde; sin embargo, los instrumentos que a continuación se mencionan poseen información de seguimiento que permite vislumbrar, en mayor o menor medida, el avance del concepto en los diferentes ámbitos de acción de la política pública.

Al año siguiente (2014) se publicó el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC), que fija objetivos sexenales con metas puntuales de mitigación y adaptación y da prioridad a las relacionadas con la generación y el uso de energía, quema y venteo de gas, transporte, agricultura, bosques, otros usos de suelo, procesos industriales y gestión de residuos. El PECC contribuye al logro de metas nacionales en materia de crecimiento verde, al tiempo que se vincula con los programas sectoriales de diversas secretarías de Estado mediante cuatro de sus principales objetivos (DOF, 2014a) (**Figura 4.12**).

[9] Estos indicadores se refieren a los recursos financieros otorgados al sector privado y a los niveles de competitividad nacional, respectivamente. Para este último indicador, no se dispone de estadísticas actualizadas (http://pnd.gob.mx).

Figura 4.12. **Vinculación de las metas nacionales de crecimiento verde y el PECC**



Fuente: elaboración propia con información del PECC, Gobierno de la República, 2017a.

Por otro lado se avanzó fuertemente en el desarrollo y consolidación del Sistema de Información sobre el Cambio Climático y del Registro Nacional de Emisiones, los cuales en 2017 tenían una evolución de 100 y 90%, respectivamente, y se avanzó con menor rapidez en la consolidación de los convenios suscritos por los gobiernos estatales para el cumplimiento de metas nacionales de cambio climático —con 20 convenios suscritos hasta 2017 y cuya meta es tener los 32 en 2018 (Gobierno de la República, 2017a) (**Figura 4.13**). Conviene destacar el hecho de que diversos programas especiales y sectoriales en diferentes secretarías han abonado específicamente al crecimiento verde y a la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo.

En 2014 se emitió el Programa Especial de Producción y Consumo Sustentable 2014-2018 con el fin de vincular las diferentes instancias gubernamentales involucradas con la producción y el consumo, así como a los sectores privado y social para transitar hacia estilos de vida y patrones de producción y consumo sustentables (DOF, 2014b). En este contexto se ha identificado, en el periodo 2014-2016, un crecimiento en las compras sustentables tanto de parte del gobierno como de las empresas. Como ejemplo de ello, entre 2013 y 2017 se incrementó el número de empresas con certificado de producción y consumo sustentable, pues su número pasó de 1,145 a 4,038 en dicho periodo.

Además de los programas especiales señalados y con el fin de integrar y robustecer el concepto de crecimiento verde de manera transversal en las metas de la política pública, se han incluido estrategias, objetivos y líneas de acción en los programas sectoriales de trabajo que se presentan en los apartados siguientes (SHCP, 2018).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Esta secretaría es el órgano encargado de coordinar los esfuerzos de las dependencias federales para ejecutar las acciones dirigidas a un crecimiento verde, y se ha trazado el objetivo de promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable, bajo en carbono con equidad y socialmente incluyente.

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) enfatiza el desafío compartido del crecimiento verde incluyente para todos los actores gubernamentales y sociales.

Figura 4.13. **Avances del PECC 2014-2018 y su vinculación con el crecimiento verde**

Impulsar y orientar un Crecimiento Verde	Avance en los Objetivos del PECC 2014-2018 vinculados al Crecimiento Verde y al combate del Cambio Climático	Unidad	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (meta)
2. Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático	Índice de disminución de la vulnerabilidad mediante la infraestructura y acción para la conservación, restauración y manejo sustentable del capital natural	1=100%	0.20	0.34	ND	0.38	ND	0.60
3. Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y aun desarrollo bajo de emisiones	Mitigación calculada a 20 años	$MtCO_2e$	12.096	17.357	18.78	30.97	38.21	95.97
	Emisión por MegaWhatt hora generado	$MtCO_2e$	0.456	0.454	0.458	ND	0.583	0.35
4. Reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) propiciando beneficios de salud y bienestar	Mitigación de metano	$MtCO_2e$	22545	40,301	40,314	40,314	ND	161,724
	Mitigación de carbono negro	$MtCO_2e$	349	408	470	470	ND	2157
5. Consolidar la política nacional de cambio climático mediante instrumentos eficaces y en coordinación con entidades federativas federales, municipales, Poder Legislativo y sociedad	Porcentaje de avance en el desarrollo del Sistema de Información sobre el Cambio Climatico	%	NA	10%	40%	95%	100%	100%
	Porcentaje de avance en el desarrollo del Registro Nacional de Emisiones	%	10%	20%	30%	50%	90%	100%
	Número de convenios subscritos para apoyar el cumplimiento de las metas nacionales de cambio climatico	Convenios	NA	0	0	12	20	32

NA: no aplica; ND: no disponible.

Fuente: elaboración propia con datos del Gobierno de la República (2017).

Cuenta con seis objetivos reflejados en 17 indicadores: conservación de áreas protegidas; recuperación de la funcionalidad de cuencas y paisajes; promoción y aplicación de instrumentos (de política, información, investigación, educación, capacitación, participación y derechos humanos) para fortalecer la gobernanza ambiental, así como con el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (DOF, 2013c). El PROMARNAT se alinea con los ODS 6, 9, 12, 13, 14 y 15 al buscar la preservación del capital natural tanto en ecosistemas terrestres como marinos y al fomentar la protección del ambiente mediante la reducción de la contaminación y un uso sustentable del mismo.

Estos indicadores presentan tendencias diversas (**Figura 4.14**). Sin embargo, los resultados finales de estos, así como los descritos más adelante, podrán conocerse durante el último semestre de 2018.

Estos indicadores no necesariamente reflejan todas las acciones llevadas a cabo en crecimiento verde y en cuanto al combate al cambio climático en México, sólo muestran la información que ha sido posible sistematizar a nivel nacional, por lo que resulta primordial la revisión de la consistencia entre metas e indicadores en la materia.

Secretaría de Energía (SENER)

En esta secretaría se establece la política orientada al incremento de la participación de fuentes limpias y renovables de energía en la generación de energía eléctrica en México. A la vez, sugiere reducir los subsidios a las energías fósiles sin que eso conduzca a la reducción de la calidad o la seguridad en el suministro de energía eléctrica a toda la población. Entre otras estrategias propone integrar la participación comunitaria en programas para el desarrollo de fuentes renovables de energía (DOF, 2013d). Hasta el momento, la participación de fuentes renovables de energía y tecnologías limpias en la capacidad instalada de generación de electricidad en el sistema eléctrico ha crecido sostenidamente, con una tasa promedio de, por lo menos, 3% anual durante 2012 y 2016, con una participación de 28.6% del total nacional para este último año (SENER, 2018). Por sus objetivos, la SENER abona a la consecución de los ODS 7, 9 y13 al reducir la intensidad de carbono de la matriz de generación eléctrica de México, ampliar el acceso a energía eléctrica en comunidades rurales por medio de generación distribuida, acrecentar la infraestructura eléctrica del país y reducir las emisiones de GEI del sector energético.

Figura 4.14. Avance de indicadores seleccionados del PROMARNAT 2013-2018

La superficie conservada, mediante sistemas de áreas naturales protegidas y otras modalidades de conservación, ha superado en 2017 la meta planteada para 2018, de 17% de suelo terrestre conservado y 22% de superficie marina, con la conservación real de 17% de suelo terrestre y 10% de superficie marina.
El índice de participación ciudadana en el sector ambiental, que era de 1.0 en 2013, ascendió a 1.27 para 2017, cerca de la meta de 2018 fijada en 1.28.
El crecimiento de los empleos verdes durante 2013-2017 fue de poco más de 6%, al pasar de 752,167 personas empleadas en 2013 a 798,180 en 2017, mientras que la meta planteada para 2018 asciende a un millón de empleos.
Un tema pendiente es la incorporación del valor del capital natural en las actividades productivas en México. Al menos durante los últimos cinco años, el valor de la producción de bienes y servicios ambientales (es decir, las acciones que protejan el ambiente) se ha mantenido en tan solo 1.06% del Producto Interno Bruto (con la meta de 2.14% en 2018), mientras que la degradación y el deterioro ambiental generan un costo equivalente a cuando menos 4.6% del pib (inegi, 2018).
Por su parte, el componente de manejo hídrico ha tenido un desempeño ambiguo en el periodo de análisis. Mientras que la cobertura de agua potable alcanzó en 2017 a 94.4% de la población (con lo que superó en poco la meta planteada de 94% para 2018), la formulación de decretos de reserva de agua para usos ambientales no ha superado los seis decretos en todo el país para 2017, lejos de la meta planteada para 2018, la cual consiste en llegar a 189 cuencas con decretos publicados.

Fuente: elaboración propia con datos de Gobierno de la República (2017a) e INEGI (2018).

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)

De la mano de sus objetivos ambientales, como el aprovechamiento sustentable de recursos naturales y reducción de emisiones de GEI, el programa de trabajo de la SAGARPA prioriza criterios sociales como la seguridad alimentaria y la distribución equitativa de los ingresos generados por el sector (DOF, 2013e). Entre 2012 y 2018, la SAGARPA desarrolló una serie de programas y componentes que apoyan estrategias contra el cambio climático mediante el desarrollo sustentable (**Figura 4.15**).

El componente IPASSA, cuyo objetivo es el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos y del suelo, ha sido uno de los más importantes en términos de su alcance en la población, ya que, con relativamente limitados recursos, ha apoyado a un considerable número de productores (SAGARPA, 2018a) (**Figura 4.16**).

El componente de mejoramiento de suelo y agua fue el que tuvo mayor participación en la cantidad de proyectos y creció considerablemente con el tiempo. El componente de sustentabilidad pecuaria es intensivo en recursos económicos, en comparación con el resto de Componentes reportados; sin embargo, no indica el número de productores beneficiados. A pesar de esto, presenta elevados niveles de mitigación de GEI. En 2017, este programa, conjuntamente con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), apoyó 65 proyectos de invesión con cerca de $53.1 mdp, principalmente en la instalación de biodigestores (FIRCO, 2018).

Finalmente, el componente de energías renovables es sin duda el que muestra el mejor desempeño, ya que, en comparación con los otros componentes, requiere relativamente pocos recursos; no obstante, apoya a gran parte de los productores y genera una mitigación considerable de GEI.

Por otra parte, el componente vinculado con suelo y agua ha generado, durante los últimos cinco años, beneficios para 161,000 habitantes del medio rural, especialmente en zonas áridas, 570,000 hectáreas con riego tecnificado y el ahorro de 1,254 millones de m^3 de agua (Gobierno de la República, 2017b). Este programa aportó cerca de $160 mdp para 7,500 proyectos durante 2017 (SAGARPA, 2018b).

Para el 2018 se reporta un avance con la inclusión de 102 proyectos, a los que se asignó un monto de más de $28 millones de pesos. Estos proyectos

Figura 4.15. **Componentes de programas de SAGARPA vinculados con el crecimiento verde**

Componente de infraestructura productiva para el aprovechamiento sustentable de suelo y agua (IPASSA)

- Apoya a grupos de productores agropecuarios de regiones con poca disponibilidad de agua y procesos de erosión del suelo para aprovechamiento sustentable mediante actividades productivas.

Componente de mejoramiento productivo de suelo y agua

- Tiene por objetivo optimizar los costos de producción y mitigar el impacto al medio ambiente, mediante la aplicación de productos orgánicos en suelos degradados e instrumentación de sistemas de riego.

Componente de sustentabilidad pecuaria

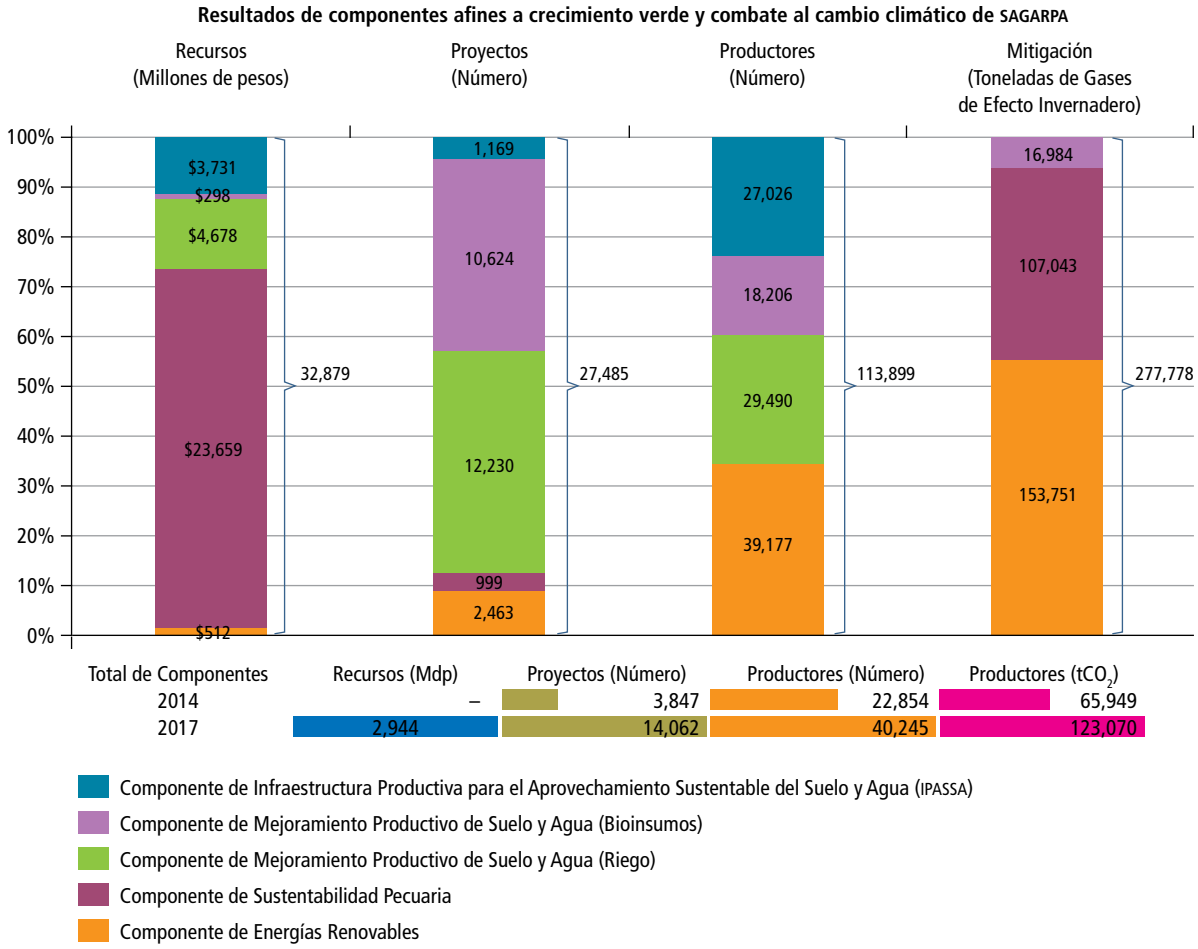
- Apoya la producción de bienes que minimizan efectos de deshechos y mejoran el control biológico.

Componente de Energías Renovables

- Se centra en el desarrollo de energías que contribuyan a mitigar el impacto ambiental y promuevan la sustentabilidad y rentabilidad, principalmente en proyectos de biomasa con fines energéticos.

Fuente: elaboración propia con datos de SAGARPA (2018a, 2018b), FIRCO (2018), Gobierno de la República (2017a).

Figura 4.16. Avances de los componentes de programas de SAGARPA vinculados al crecimiento verde, datos acumulados de 2014 a 2017



Nota: el acumulado refleja la suma de los datos disponibles publicados en los reportes de Avances y Resultados del Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario, no se reportan datos faltantes.
Fuente: elaboración propia con información de Gobierno de la República (2014a, 2017b); SAGARPA (2018a, 2018b).

se dedican al aprovechamiento de biomasa, mantenimiento de semilleros, sistemas termosolares y fotovoltaicos, investigación y desarrollo, entre otros (SAGARPA, 2018b).

A pesar de sus claros logros, el Programa de Fomento a la Agricultura (PROAGRO) y el Programa de Fomento Ganadero (PROGAN) tienen como tarea pendiente el fortalecimiento de acciones de mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo en todos sus programas y componentes, así como en las reglas de operación. Asimismo, es necesario que las prácticas agropecuarias transiten hacia alternativas productivas más sustentables como la agricultura de conservación, el pastoreo planificado, los sistemas agroforestales o silvopastoriles y el impulso a la utilización de insumos poco intensivos o nulos en la generación de GEI, entre otras.

Por medio de sus diferentes programas, la SAGARPA contribuye al logro de los ODS 1, 2, 6, 8, 13 y 15 debido a que sus efectos mejoran la calidad de vida de la población rural, la distribución del ingreso, el acceso a alimentos nutritivos, la protección y uso sustentable de los recursos hídricos, la eficiencia en el uso de los recursos naturales y de productos derivados de recursos fósiles, y la conservación de ecosistemas terrestres.

Secretaría de Turismo (SECTUR)

El Programa Sectorial de Turismo 2013-2018 participa en el crecimiento verde, particularmente mediante el fomento sustentable de los destinos turísticos y la ampliación de los beneficios sociales y económicos de las comunidades receptoras. La Secretaría de Turismo (SECTUR) establece que el desarrollo sustentable del sector turístico se basa en una visión integral con criterios medioambientales, económicos y sociales, a fin de promover una distribución más justa y equitativa de los beneficios al medio ambiente, a los turistas y, sobre todo, a las comunidades receptoras, así como en una mayor protección del patrimonio natural y cultural (DOF, 2013f).

Para el cumplimiento de estos compromisos, la SECTUR realizó una serie de acciones, entre las que destacan las siguientes:

- Desarrollo de estudios de vulnerabilidad climática de destinos turísticos y programas de adaptación para hacer frente a la variabilidad climática para entidades y municipios (Gobierno de la República, 2014b, 2016a y, 2017c).
- Participación en la obtención de certificaciones ambientales reconocidas nacional e internacionalmente entre las que destacan: Playas Limpias, Blue Flag y EarthCheck (Gobierno de la República, 2014b).
- Publicación de la convocatoria 2017-01 del Fondo Sectorial SECTUR-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), en la cual se buscaron proyectos de investigación en temas tales como procesos tecnológicos para el manejo eficiente de los residuos salinos (salmuera) de las plantas desalinizadoras de agua, en entidades con actividad turística (Gobierno de la República, 2017c).
- Firma del acuerdo denominado "Compromiso Nacional por un Turismo Sustentable para el Desarrollo" con representantes de los tres órdenes de gobierno y de los sectores privado y académico (Gobierno de la República, 2017c).[12]

Es importante señalar que el sector turismo ayuda a conseguir los ODS 6, 8, 12, 13, 14 y 15 por su protección de los ecosistemas que ocupa y son fuente de su atractivo como destinos turísticos; además, fomenta la creación de empleos dignos que protegen al medio ambiente y propician el desarrollo sustentable de localidades turísticas.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

El programa sectorial de la SCT se fijó como objetivo generar condiciones para una movilidad de las personas sustentable, segura e incluyente por medio de alternativas de traslación más democráticas y asequibles. Entre sus acciones se encuentra la creación de infraestructura peatonal y para el uso de la bicicleta, y el diseño de esquemas fiscales y financieros que garanticen el incremento de la calidad de vida de la población mexicana, entre otros (DOF, 2013g).

De acuerdo con los indicadores del programa, en 2018 la SCT se propuso alcanzar una meta de 162 millones de pasajeros-km transportados por sistema ferroviario interurbano. Sin embargo, con base en las cifras publicadas, si bien se ha incrementado la cobertura, no ha superado los 57 millones de pasajeros-km en 2015 (SCT, 2018).[13] Asimismo, el

[12] En dicho documento las y los diferentes participantes asumieron obligaciones de orden social, económico y medioambiental para asegurar que las políticas públicas y las medidas legales y administrativas de la actividad turística en México se apliquen en un entorno plenamente sustentable. El documento fue firmado por las y los titulares de las 32 secretarías estatales de Turismo y representantes de la academia y del sector privado.

[13] El resto de indicadores planteados en el programa no permiten trazar la evolución de las acciones arriba citadas.

acceso en ciudades a sistemas de transporte urbano y suburbano congruentes con planes de movilidad urbana sustentable solo alcanzó 28% del total nacional en 2017 (Gobierno de la República, 2017d).

El sector transporte crea condiciones que avanzan en el progreso de los ODS 3, 11 y 13 al proveer esquemas de movilidad bajos en emisiones de carbono, accesibles para la población, que mejoran la calidad del aire y reducen la incidencia de enfermedades respiratorias.

Secretaría de Marina (SEMAR)

El Programa Sectorial 2013-2018 de la SEMAR participa en el fomento del crecimiento verde en México, mediante actividades vinculadas al fortalecimiento de capacidades y a la investigación y el desarrollo tecnológico (DOF, 2013h).

En este contexto, la SEMAR mejoró sus capacidades de respuesta operativa mediante, entre otros elementos, el incremento y modernización de la infraestructura naval, el monitoreo del nivel del mar y las prácticas ante contingencias de derrames de hidrocarburos y otras substancias nocivas en el mar (Gobierno de la República, 2017e).

En cuanto a la educación sobre cambio climático, la contaminación marina y la importancia de la conservación de la biodiversidad, en el periodo 2015-2017 la SEMAR impartió 408 conferencias de concientización ecológica, lo que contribuyó a difundir y crear conciencia sobre la contaminación marina y la conservación de la biodiversidad.

Además, a través del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo en Ciencias Navales (FSIDCN), se concluyeron diversos estudios que contribuyen a la protección y conservación del medio ambiente marino y las costas (Gobierno de la República, 2017e).[14] La SEMAR abona a la consecución de los ODS 4, 6, 12 y 14 mediante el fomento de la investigación científica marina, la protección y remediación de contaminación por hidrocarburos, la concientización de pescadores para explotar de forma sustentable las pesquerías del país y de esta forma mantener ecosistemas marinos sanos.

Secretaría de Economía (SE)

La SE intenta incrementar y mejorar la competitividad y el nivel de inversión, proponer un mejor marco regulatorio aplicable, fortalecer el mercado interno y propiciar mejores condiciones para el consumidor mediante una política innovadora de fomento a la industria, el comercio y los servicios (DOF, 2013i). Es relevante indicar que existen oportunidades de incorporación explícita del componente de sustentabilidad en sus programas de desarrollo minero.

A pesar de estas limitantes en el sector, la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), dependiente de la SE, ha llevado a cabo una serie de campañas y programas de educación y divulgación para promover el consumo responsable (**Figura 4.17**) mediante la generación de productos informativo-educativos que promueven el conocimiento y el ejercicio de los derechos del consumidor y de esta forma contribuir al logro del ODS 12 (PROFECO, 2018).

El consumo responsable trae mayores beneficios a la población al aprovechar los recursos naturales disponibles de manera eficiente, decidir libremente y con información una compra, asumir las consecuencias en la salud, la economía, el medio ambiente y el proceso de cambio climático.

Como complemento, es importante impulsar la promoción y desarrollo de instrumentos de política

[14] Concluyeron 20 estudios de investigación oceanográfica: "Dinámica costera", "Selección de zonas de vertimiento de material producto de dragado", "Contaminación Marina", "Identificación y evaluación del grado de eutrofización en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano" y "Condiciones oceanográficas en el área de refugio de la vaquita marina e inmediaciones". Asimismo, mediante la campaña permanente de protección a las tortugas marinas, en 2017 se recolectaron 121,060 huevos y protegieron 8,503 nidos, se registró el arribo de 2,001,656 tortugas y se liberaron al mar 36,589 crías (Gobierno de la República, 2013-2018).

Figura 4.17. **Acciones de PROFECO en materia de crecimiento verde**

Fuente: elaboración propia con datos de PROFECO (2014, 2018).

pública que transiten hacia estilos de vida sustentables[15]. Con lo que se transita hacia el logro de las metas establecidas en los ODS 11 y 13, mediante el fomento de ciudades con una intensidad material menor y una menor producción de GEI por la descomposición de residuos en los sitios de disposición final.

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)

De 2012 a 2018, la SEDESOL se propuso atender a la población en situación de pobreza a fin de disminuir las carencias sociales e incentivar la mejora de su ingreso, alimentación, salud y educación, y garantizar el ejercicio de los derechos sociales que favorezcan las capacidades de las personas, de forma que al país lo integre una sociedad que goce de equidad, cohesión social e igualdad sustantiva (DOF, 2013j).[16] Los diversos programas ejecutados en este terreno se distinguieron por un enfoque de género que buscó contribuir a la igualdad de oportunidades.

En materia de crecimiento verde y cambio climático, la SEDESOL ejecutó, de manera enunciativa, las siguientes acciones principales:

- *Guía municipal de acciones frente al cambio climático con énfasis en desarrollo urbano y ordenamiento territorial*, dirigida a las autoridades municipales para fortalecer su gestión en la mitigación de GEI y adaptación al cambio climático, con lo que se contribuye a alcanzar el ODS 11 (SEDESOL, 2012).
- Medición del grado de afectación, derivado del cambio climático, en el sector de sistemas humanos y red de ciudades en las regiones geoculturales del estado de Hidalgo para 2020-2030 (Otazo-Sánchez *et al.*, 2013).
- Acciones de infraestructura urbana, dotación de servicios de agua y electricidad, drenaje, sustitución de fogones por estufas ecológicas con chimenea e instalación de baños ecológicos y provisión de sistemas captadores de agua pluvial (Gobierno de la República, 2014c, 2015a). Mediante este programa se avanza hacia la consecución de los ODS 3, 6, 7, 9 y 13 y el fortalecimiento de la aportación de la sedesol al ODS 11.
- Asimismo, y con la finalidad de contribuir al bienestar de hombres y mujeres que enfrentan una reducción de sus ingresos por emergencias, el Programa de Empleo Temporal,

[15] Toda vez que se ha incrementado el coeficiente de generación de residuos sólidos urbanos per cápita por unidad de PIB (asociada a la capacidad de consumo), al superar en 2016 el valor de 104.57 en este indicador, mientras que la meta en 2018 intenta no superar la relación con valor de 88 (Gobierno de la República, 2017).

[16] Esta estrategia contempla acciones vinculadas con transferencias monetarias a personas en condición de pobreza, atención a jornaleros agrícolas con becas para su educación, abasto rural y social, comedores comunitarios, vivienda e infraestructura social, programas de empleo temporal, apoyo a jóvenes emprendedores, entre otras.

ejecutado por SEDESOL, SEMARNAT y SCT, asignó apoyos económicos temporales por su participación en proyectos de beneficio familiar o comunitario,[17] equivalentes a 99% de un salario mínimo general diario vigente (Gobierno de la República, 2015a).

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)

La SEDATU tiene como gran objetivo estratégico promover el ordenamiento territorial en el país mediante políticas que armonicen el crecimiento y el surgimiento de los asentamientos humanos y centros de población; el desarrollo urbano con criterios uniformes respecto a la planeación, el control y crecimiento con calidad de sus ciudades y zonas metropolitanas; y la planeación del desarrollo regional (DOF, 2013k).

Al respecto se han desarrollado las siguientes tareas: ordenamiento territorial;[18] obras de mejoramiento de la habitabilidad en núcleos agrarios; programas de financiamiento a la vivienda sustentable (lo que ha contribuido a la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo); labores de prevención de riesgos en algunos municipios (Gobierno de la República, 2017g).

Con estas acciones, el sector apoya el logro de los ODS 3, 11, 13 y 16 mediante la promoción de viviendas sustentables que mejoren la calidad de vida de la población y su salud al reducir su vulnerabilidad ante el cambio climático; de forma transversal reduce las emisiones de GEI generadas por el consumo energético de dichas viviendas y protege los ecosistemas terrestres al evitar el cambio de uso de suelo por la expansión de las áreas urbanas.

Es importante reforzar actividades puntuales como la identificación de fuentes de financiamiento adicionales para acceso a vivienda y una movilidad eficiente y sustentable, entre otras acciones (Gobierno de la República, 2017g).

Secretaría de Educación Pública (SEP)

El sector educativo, a partir del Programa Sectorial de Educación 2013-2018 y de la Reforma Educativa, ha intentado asegurar y fortalecer la calidad, cobertura y equidad de la educación en todos los niveles y grupos de población, con el deporte y la cultura como componentes de integralidad y con base en el desarrollo científico y tecnológico como punto del crecimiento económico, social y sostenible del país (DOF, 2013l).

Puntualmente, la educación superior en el sector público es el nivel en el que mayores acciones se han registrado en términos de crecimiento verde y cambio climático (**Figura 4.18**).

En México, el principal reto en la materia consiste en incorporar la dimensión ambiental y de cambio climático de manera transversal en todos los planes y programas de estudio y en la práctica educativa.

La educación ambiental debe ser un eje transversal con la intención de promover conocimientos, valores, actitudes y habilidades para que los alumnos participen en el análisis, la prevención y la reducción de problemas ambientales, así como en favorecer el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras (Gobierno de la República, 2017h).

En cuanto al cumplimiento de los ODS, si bien los programas de la SEP trabajan especialmente sobre el 4, también aportan al 12 y al 13 desde el momento en que fomentan una mayor conciencia ambiental que, a su vez, modifica los patrones de consumo y producción de las futuras generaciones de mexicanos.

[17] Los rubros de los proyectos son: Proyectos Productivos, Mejoramiento de la salud y salud sexual reproductiva, Preservación del patrimonio histórico, Acciones para mitigar el impacto del cambio climático, Atención alimentaria a grupos en riesgo y bancos de alimentos, Conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, Conservación y reconstrucción de la red rural y alimentadora y Mejoramiento de la infraestructura local.

[18] Por ejemplo, se han desarrollado áreas integralmente planeadas para atender la demanda habitacional y contener la expansión no planificada de las ciudades.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)

Entre otros objetivos, la STPS intenta impulsar el empleo de calidad, democratizar la productividad laboral e intermediar en el mercado laboral para favorecer la empleabilidad, la protección social y la ocupación productiva (DOF, 2013m).

Con este esquema se ha incrementado el número de trabajadores beneficiados por acciones de apoyo a la productividad, así como por buenas prácticas de inclusión laboral, y se han ampliado las oportunidades en términos de capacitación y oportunidades de trabajo digno, principalmente enfocadas a las personas con discapacidad (Gobierno de la República, 2017i).

En materia de cambio climático, la STPS ha tomado, entre otras, las siguientes acciones:

- De 2015 a 2017, con base en el Programa de Apoyo a Damnificados se otorgaron 151,473 créditos para favorecer a trabajadores afectados por las condiciones climatológicas en diversos estados del país por un monto aproximado de $2,510 millones de pesos (Gobierno de la República, 2015c, 2016b, y 2017i).
- En junio de 2017, el titular de la STPS y el director general de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) se reunieron en el marco de la CVI Conferencia Internacional del Trabajo, donde abordaron temas como el trabajo digno e incluyente y el efecto del

Figura 4.18. **Acciones de crecimiento verde ejecutadas por la SEP**

Desde 2013 se cuenta con el programa de Becas de Excelencia en la Contribución a tu Entorno, el cual forma parte de los esfuerzos para incentivar las actividades de generación de cambio y desarrollo de las comunidades humanas del territorio nacional de manera sustentable, mediante acciones en materia de prevención, mitigación y adaptación a los efectos derivados del cambio climático (SEP, 2013).

En 2014 se otorgaron 3,035 becas (SEP y CNBES, 2014), mientras que en 2016 y 2017 brindó apoyo a diversos institutos tecnológicos regionales, tales como el Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, en Michoacán, con 45 becas de este tipo (Subdirección de Planeación y Desarrollo Institucional, 2016) y el Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica, en Veracruz (Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica, 2017).

En universidades tecnológicas y politécnicas se concluyó el diseño curricular de 10 programas educativos —cuyas operaciones iniciaron en septiembre de **2015**— vinculados a las necesidades regionales; por ejemplo, el de Manejo de Plagas y Enfermedades en Cultivos Tropicales (Gobierno de la República, 2015).

En **2016 y 2017,** la Universidad Abierta y a Distancia de México (UNADM) realizó el diseño curricular de la maestría en biodiversidad y cambio climático (Gobierno de la República, 2017).

En el PECC 2014-2018 se propuso para la Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC) el diseño de la asignatura en línea "El cambio climático y medidas de adaptación", para currícula de la carrera de técnico superior universitario en gestión integral de riesgo (DOF, 2014). Aunque no se ha concluido; cuentan con el curso "Didáctica para la enseñanza de la gestión integral del riesgo y la adaptación al cambio climático", cuyo objetivo es aplicar los conocimientos en materia de gestión integral del riesgo y adaptación al cambio climático mediante el diseño de un proyecto formativo o de investigación acordes con las respectivas currícula de estudio (CENAPRED, 2018).

Fuente: elaboración propia con datos de SEP (2013), SEP y CNBES (2014), Instituto Tecnológico de Tacámbaro (2016), Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica (2017), Gobierno de la República (2015b y 2017h), Diario Oficial de la Federación (2014a) y CENAPRED (2018).

cambio climático en los nuevos empleos (STPS, 2017).

Estas acciones favorecen el logro de los ODS 8 y 9, al tiempo que contribuyen de manera importante a la generación de empleos verdes.

Secretaría de Salud (SS)

Esta Secretaría, por medio de su Programa Sectorial de Salud 2013-2018, ha realizado una serie de acciones vinculadas al crecimiento verde con el fin de promover la salud de la población y la reducción de riesgos en salud, entre otros objetivos (DOF, 2013n).

Un resultado importante relacionado con el tema durante el periodo de análisis fue la conformación del Grupo de Trabajo de Cambio Climático y Salud de carácter federal, el cual está integrado por las instancias del sector que intervienen en la planeación, el desarrollo y la instrumentación de la política pública sobre salud, enfocada a la prevención y atención a riesgos sanitarios ante los efectos del cambio climático (Gobierno de la República, 2017).

En coordinación con el Instituto Nacional de Salud Pública se trabaja en el diseño del Sistema de Alerta Temprana para Dengue, el cual pretende incluir información relacionada con sika y chikungunya en el nivel más bajo de desagregación, con lo que se abona al ODS 3.

También, durante 2016 y 2017, se coordinó la elaboración de los Diagnósticos Estatales y Evaluaciones de Vulnerabilidad en Salud ante el Cambio Climático;[19] con el objeto de contar con instrumentos que permitan conocer los impactos del cambio climático en la salud de la población, identificar regiones y grupos de mayor vulnerabilidad por estado, cuantificar la carga de enfermedad para eventos sensibles al clima, además de identificar áreas críticas y de oportunidad para la toma de decisiones e intervenciones futuras (Gobierno de la República, 2016c, 2017j).

[19] Al 2016, se contaba con un avance global de 60%; el Reporte de Avances del PECC de 2017 no reporta avances porcentuales específicos para este último año.

Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)

En la escala global existen grandes oportunidades de una colaboración estrecha del país con la comunidad internacional como un modo relevante de impulsar el crecimiento verde y sostenido. Al respecto, México es Estado parte de las convenciones de la Organización de Naciones Unidas para el combate al cambio climático, la protección de la diversidad biológica y la lucha contra la desertificación.

Tan solo por nombrar algunas acciones, el país ha sido parte del Acuerdo de París para el combate al cambio climático en 2015 y ha contribuido desde entonces a las actividades subsecuentes que se han desprendido de dicho instrumento.

Asimismo promovió la armonización de derechos de las mujeres ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.[20] En 2016 albergó y fue parte de la Declaración de Cancún sobre integración de la conservación y la utilización sostenible de la biodiversidad para el bienestar; y, en 2017, participó, por medio de la Comisión Nacional Forestal, en la XIII Conferencia de las Partes, en Ordos, China, a fin de atender la agenda internacional de acciones contra la desertificación.

Secretaría de Gobernación (SEGOB)

A través del Programa Sectorial de Gobernación 2013-2018, alineado también con el PECC 2014-2018, la SEGOB participa particularmente con el objetivo de coordinar el Sistema Nacional de Protección Civil para salvaguardar a la población, sus bienes y entorno ante fenómenos perturbadores tales como los eventos hidrometeorológicos (DOF, 2013o).

[20] En esta convención, México tuvo un papel destacado en la aprobación del Plan de Acción de Género, el cual promueve el enfoque de género en la ejecución del Acuerdo de París. El plan tiene como objetivo hacer que las mujeres sean parte de los proyectos y decisiones sobre cambio climático en el contexto nacional e internacional (Gobierno de la República, 2018).

En 2017, la SEGOB mostró avances en la gestión integral de riesgos; entre estos destacan: la actualización constante del Atlas Nacional de Riesgos (ANR); la difusión de la cultura preventiva[21] y la operación del Sistema Nacional de Alertas (SNA) (Gobierno de la República, 2017k).[22]

Gracias al SNA se incrementó el porcentaje de municipios con densidad poblacional media y baja que recibieron alertas tempranas en el país,[23] al pasar de 1.8 en 2013 a 18.8% para 2017; al respecto, la meta para 2018 es de 25 por ciento. Mientras que el porcentaje de programas estatales y municipales de protección civil que incluyen medidas de seguridad para asentamientos humanos en zonas de alto riesgo fue de 1.1% en 2013 y alcanzó el 76.3% en 2017. La meta para 2018 es de 80.3% (Gobierno de la República, 2017k).

En términos de difusión de la cultura preventiva, con énfasis en la situación de los habitantes de las zonas más vulnerables, la SEGOB promovió la instalación de comités de protección civil en zonas de riesgo de desastre, cuyas actas de instalación validan la cuota de género y edad. En 2016 instaló 20 comités, con lo que contribuyó a mejorar la cultura de prevención ante desastres naturales (Gobierno de la República, 2017k).

Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES)

Por su parte, el Instituto Nacional de las Mujeres cuenta con el Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y No Discriminación contra las Mujeres 2013-2018 y el Programa Sustentabilidad y Medio Ambiente, los cuales pretenden integrar la perspectiva de género en las políticas y programas de sustentabilidad y medio ambiente por medio del fomento de la participación activa de las mujeres en la toma de decisiones sobre asuntos ambientales en todos los niveles.

Sus temas rectores son agua, cambio climático, gestión integral del riesgo, biodiversidad y salud ambiental (INMUJERES, 2018). Un elemento pendien-

[21] El 27 noviembre de 2017, después de seis generaciones del programa educativo Técnico Básico en Gestión Integral del Riesgo, se alcanzó un registro de 20,763 alumnos inscritos, de los cuales 20,407 fueron nacionales y 356 extranjeros de 22 países. Al 13 de diciembre de 2017, habían egresado 3,713 alumnos nacionales y 52 alumnos de 12 países.

[22] Mediante la introducción de herramientas y visores para la integración, publicación de información y seguimiento de los desastres ocurridos, que permiten la actualización constante y la clasificación de la información. Adicionalmente se han integrado los 32 atlas estatales de riesgos, así como 380 atlas municipales de riesgo, para su consulta y descarga.

[23] (Número de municipios con densidad poblacional media y baja, de una muestra representativa, que recibieron alertas tempranas) / (el total de municipios de la muestra representativa con densidad poblacional media y baja) x 100.

Género y crecimiento verde

Como marco de referencia, el crecimiento verde plantea la necesidad de generar un desarrollo económico incluyente a fin de evitar una costosa degradación ambiental. La perspectiva de género resulta un componente central para abordar la inclusión económica y social, así como los impactos diferenciados del cambio climático en grupos vulnerables como las mujeres y las niñas, cuyo papel en el desarrollo económico y el combate al cambio climático es fundamental.

La vulnerabilidad ante el cambio climático resulta de la combinación de diversas desigualdades; en el caso de las mujeres se expresa en distintos componentes, tales como el ingreso, la brecha salarial, los derechos de propiedad, la división sexual del trabajo, el acceso a servicios, la violencia en conflictos y desastres, entre otros. De acuerdo con el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (DOF, 2014a), las mujeres son más vulnerables ante los desastres, ya que son 14 veces más propensas a morir durante un evento extremo.

Una de las principales acciones para la inclusión de la perspectiva de género en las políticas nacionales relacionadas con el crecimiento verde y el combate al cambio climático es la generación de información diferenciada por sexo. Si bien esto no será suficiente para el logro de los objetivos, representa el inicio más deseable para la mejora en la toma de decisiones.

En este sentido, México avanza en la materia, tanto en el marco normativo como en los sistemas de información estadística y en las políticas públicas que han incluido paulatinamente el componente de género. En el marco normativo nacional, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND) incorpora la perspectiva de género como eje transversal para las metas nacionales, por lo que ha de incluirse en todos los programas y acciones de la administración pública federal.

te es el desarrollo de la trazabilidad de los resultados de estos programas para los rubros de medio ambiente, dado que no se localizaron indicadores puntuales al respecto.

Parte de los siguientes pasos necesarios para fortalecer el crecimiento verde en el contexto de mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo en México consiste tanto en integrar esta visión en la planeación de algunas de las secretarías, como en promover la generación de indicadores y datos con mayor desagregación, a fin de identificar la efectividad de las políticas de crecimiento verde y los impactos asociados a ellas sobre todos los segmentos de la población en el combate al cambio climático.

Indicadores de crecimiento verde y economía verde

Eficiencia energética[24]

El desarrollo económico con mayores niveles de eficiencia energética resulta ser un paso fundamental hacia el sendero de la sustentabilidad. Entre los principales factores que promueven la eficiencia energética están la seguridad en el suministro de la energía, ahorro en las facturas a pagar, alto potencial de producir ahorros energéticos, mitigación de los impactos ambientales por las emisiones de GEI —que incluye el fenómeno del cambio climático— y las limitaciones que pudieran generarse en relación con la inversión orientada a expandir la oferta energética en todos los países.

En el marco internacional de promoción a la eficiencia energética se encuentra la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en septiembre de 2015), la cual constituye la nueva estrategia que regirá globalmente los programas de desarrollo de cada país. Esta agenda implica un compromiso común y universal que reconoce que cada país enfrenta retos específicos en su búsqueda del desarrollo sostenible. Los Estados tienen soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, y cada uno fijará sus propias metas nacionales, apegándose a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por su papel y contribución al desarrollo sostenible, por primera vez se reconoce que la energía es parte fundamental de esta forma de desarrollo. Tal es su importancia que el ODS 7 de la Agenda 2030 está directamente vinculado con este sector. La eficiencia energética es uno de los ejes de este objetivo (los otros ejes están relacionados con el acceso a la energía, el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y los medios de instrumentación). La disponibilidad de una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos es fundamental para el desarrollo humano.

La energía está intrínsecamente vinculada con muchos ODS; por ejemplo, con la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, el agua potable y el saneamiento, el transporte y la movilidad sostenible (comunidades y ciudades sustentables), la salud, la educación, la prosperidad, la creación de empleo y el empoderamiento de los jóvenes y las mujeres.

Las acciones de eficiencia energética también son esenciales para alcanzar las metas nacionales comprometidas en el Acuerdo de París, aprobado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y ratificado por México en septiembre de 2016, documento en el que el país se ha comprometido ante el secretariado de la CMNUCC a reducir en 22% la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el periodo 2020-2030 de manera no condicionada, es decir, con recursos propios.

Para conocer el efecto de la eficiencia energética es necesario desarrollar indicadores. Estos indicadores miden la cantidad de energía utilizada para realizar una actividad o bien para obtener un nivel de servicio requerido; la cantidad de actividad realizada o servicio obtenido suele expresarse en unidades físicas o monetarias, según la naturaleza del análisis requerido. La utilidad y eficacia con que puedan usarse los indicadores formulados está condicionada por la disponibilidad y la calidad de los datos.

[24] Este apartado sobre eficiencia energética se realizó con base en el Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México, 2018. Disponible en: https://www.cepal.org/es/publicaciones/43612-informe-nacional-monitoreo-la-eficiencia-energetica-mexico-2018

Tendencias del consumo de energía

Consumo nacional de energía y PIB

La tendencia del consumo de energía en México ha obedecido a la dinámica y estructura de la economía nacional y a la demanda creciente de servicios energéticos que ha requerido la sociedad. Sin embargo, en años recientes la brecha de crecimiento entre el consumo nacional de energía y la actividad económica se ha desajustado, debido a que el consumo de energía se estabilizó pese a que el PIB continuó en aumento (**Figura 4.19**).

Consumo de energía per cápita y población

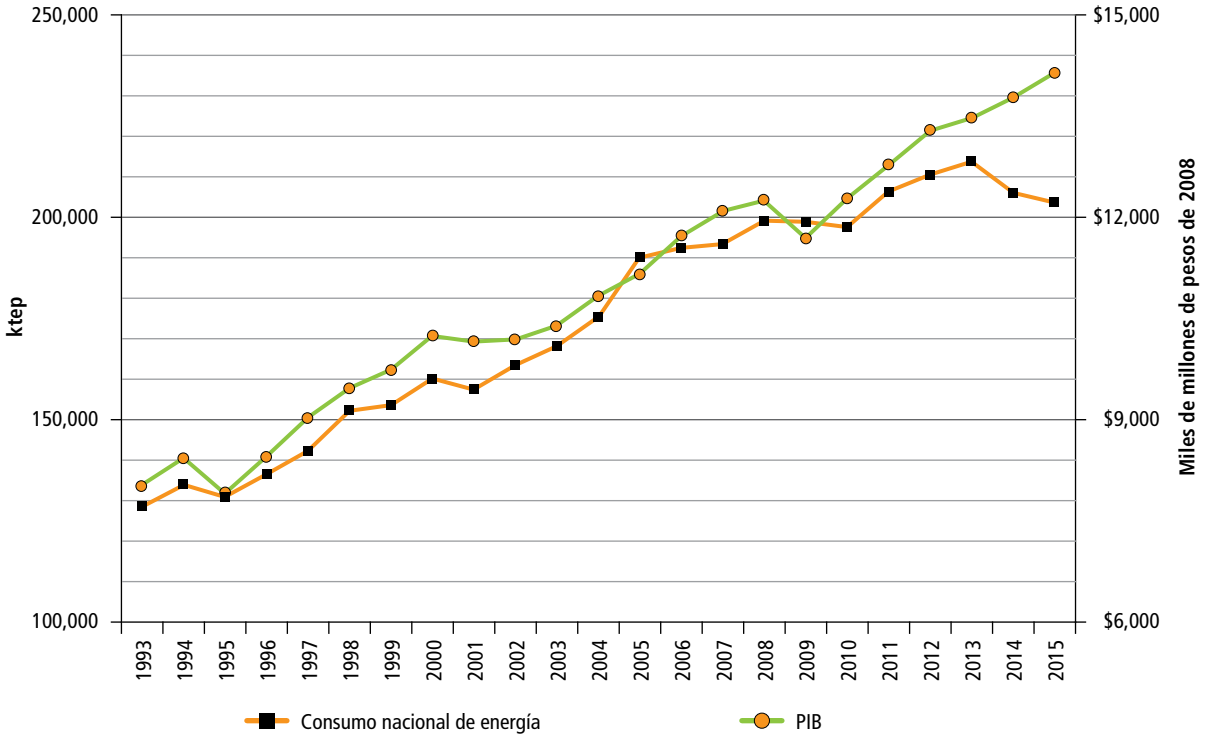
La energía se considera un factor esencial en el desarrollo económico y su acceso mejora la calidad de vida de la sociedad, así que, en parte, dicha calidad de vida se puede medir mediante el incremento del consumo de energía por habitante, ya que ello refleja las pautas de uso de energía de una sociedad. El nivel de consumo de energía por habitante en México se ha estabilizado en los últimos diez años e, incluso, muestra reducciones en los más recientes (**Figura 4.20**). El comportamiento de este indicador refleja que se ha mantenido un ritmo de desarrollo y prosperidad entre la población, en donde la eficiencia energética y la transición hacia la utilización de opciones energéticas respetuosas con el medio ambiente han influido en la dinámica de la matriz energética.

Tendencia general de la eficiencia energética

Intensidad energética primaria

La intensidad energética primaria mide cuánta energía requiere cada país o región para generar una unidad de Producto Interno Bruto (PIB); es decir, este indicador expresa la relación general entre la utilización de la energía y el volumen de producción. Desde un punto de vista técnico es más un indicador de "productividad energética" que un verdadero indicador de eficiencia.

Figura 4.19. **México: consumo nacional de energía y producto interno bruto, 1993-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de INEGI y SENER.

Entre 1995 y 2015, la economía creció a una tasa promedio anual de 2.9%, en tanto que el consumo de energía promedió una tasa de crecimiento de 2.2% en el mismo periodo (**Figura 4.21**).

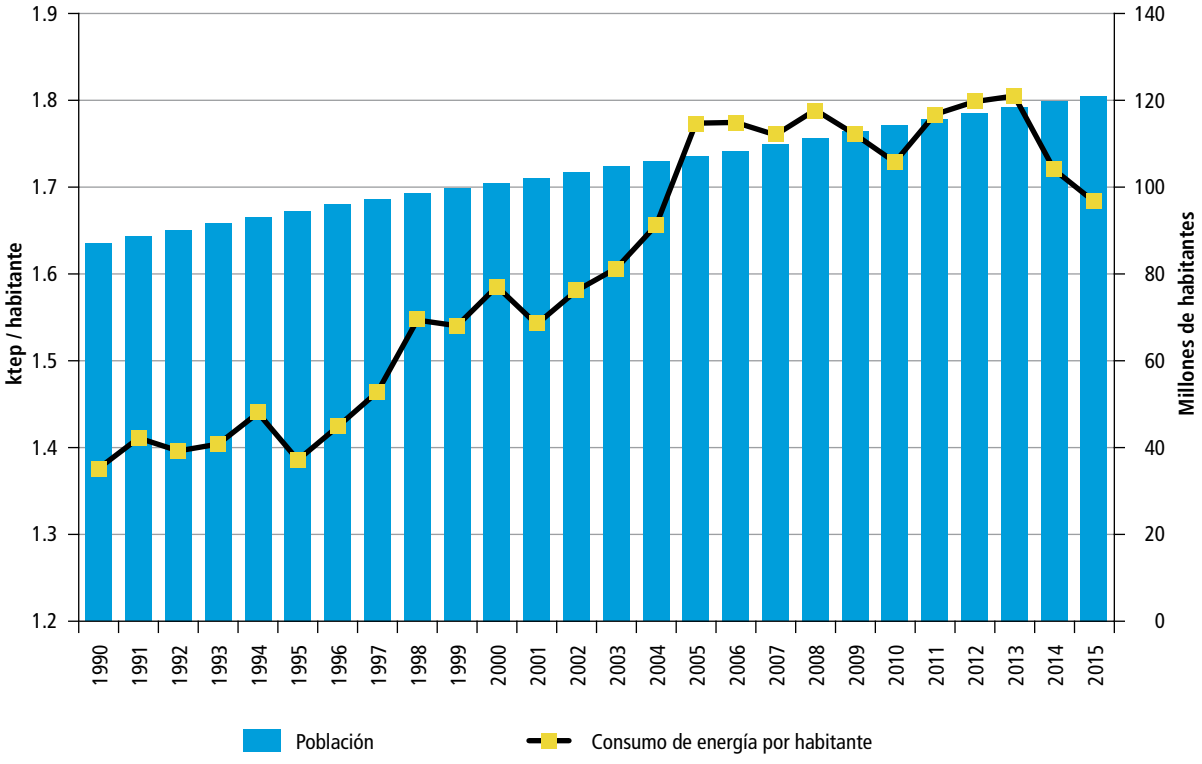
Pese a cierta irregularidad en la tendencia de largo plazo, es notorio que entre 2012 y 2015 comenzó un proceso de desajuste entre el crecimiento económico y el consumo nacional de energía.

La intensidad energética de México se vio afectada por las crisis económicas de 1995 y 2009. El punto máximo en las últimas tres décadas se presentó en 2005, derivado de un incremento significativo del consumo del sector energético, principalmente en la generación de electricidad del servicio público, ya que se incrementó considerablemente la demanda de carbón y se mantuvo un consumo similar de combustóleo en centrales de la CFE con respecto al año anterior, aunado a la baja del consumo de gas natural en ciclos combinados de parte de la CFE.

Si bien la generación eléctrica a base de ciclos combinados en CFE se había presentado como una opción atractiva y eficiente en los últimos años, los incrementos de los precios del gas natural durante 2005 llevaron a la empresa a diversificar la generación para aprovechar el nivel favorable de las presas de las hidroeléctricas y los bajos precios del carbón y el combustóleo. Sin embargo, las tecnologías de generación eléctrica a base de carbón y combustóleo poseen eficiencias térmicas de transformación bajas, lo cual afectó el progreso de la intensidad energética.

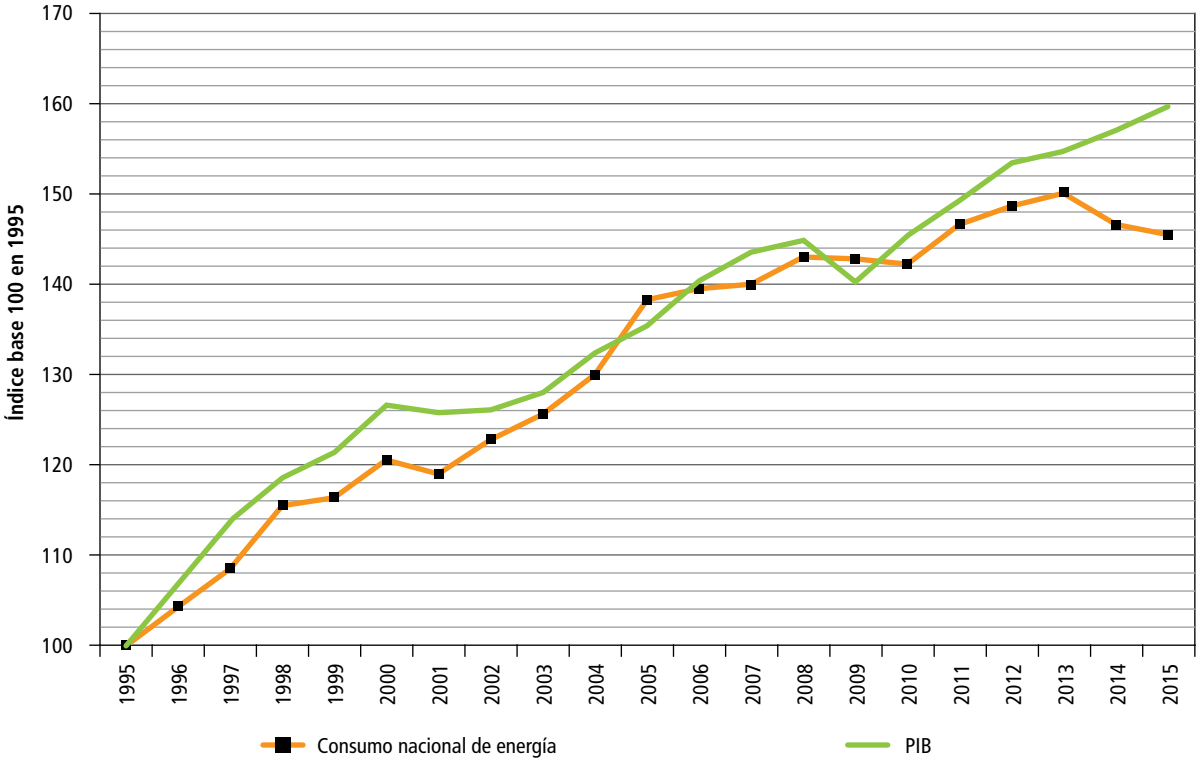
En cierta medida, la tendencia de reducción de la intensidad energética de México ha sido influida por una tercerización (subcontratación) cada vez mayor de la economía (énfasis en los servicios), así como por el crecimiento más dinámico de actividades económicas del sector industrial que son menos intensivas en el consumo de energía, respecto de las que predominaban en la década de los noventa. En

Figura 4.20. **México: consumo de energía por habitante y población total, 1990-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de CONAPO y SENER.

Figura 4.21. Tendencia del crecimiento acumulado del consumo nacional de energía y el producto interno bruto, 1995-2015



Fuente: CEPAL, 2018 con información de INEGI y SENER.

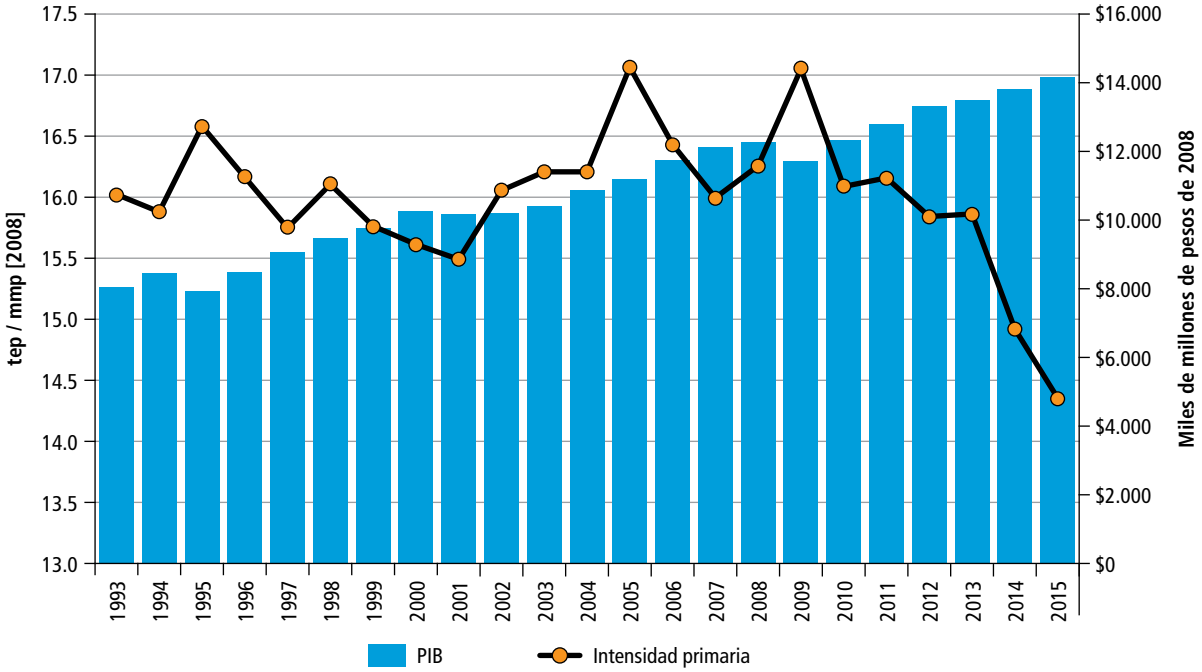
cuanto al consumo energético nacional, los aspectos clave para el análisis son: la entrada en vigor de normas de eficiencia energética a mediados de dicha década, las cuales estaban principalmente dirigidas a sectores de consumo final; la creciente entrada de tecnologías de ciclo combinado para producir electricidad; y, finalmente, el auge de las fuentes renovables de energía en los últimos años.

Cabe destacar que la intensidad energética primaria de México ha disminuido a una tasa anual de 0.7% en los últimos 20 años. La evolución del indicador de intensidad energética primaria en México muestra un perfil irregular entre 1993 y 2011, como resultado de desequilibrios que afectaron la economía nacional, principalmente. A partir de 2012, el indicador mostró una evolución favorable e, incluso, mejoró la tendencia a la baja entre 2013 y 2015, al reducir en 10.1% la intensidad energética primaria, a la par de un crecimiento constante de la economía nacional. En 2015, el indicador registró un valor equivalente a 14.4 toneladas de petróleo crudo consumidas para producir cada millón de pesos del PIB, en términos constantes de 2008 (tep/MM$[2008]) (**Figura 4.22**).

Intensidad energética por transformación y consumo final

Para entender qué parte del consumo tiene mayor influencia en la intensidad energética primaria de México, se deben analizar las tendencias de estas intensidades de manera desagregada por transformación y consumo final. La intensidad de transformación suele reflejar la forma de consumo del propio sector energético, ya que considera los procesos de las centrales de generación eléctrica, refinerías, plantas de gas, así como el nivel de autoconsumo de estos centros de trabajo, las recirculaciones y las pérdidas en transformación y distribución. En México, la intensidad de transformación ha tenido mayor influencia en la irregularidad de la

Figura 4.22. **Evolución de la intensidad energética primaria y del PIB, 1993-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de CONUEE, INEGI y SENER.

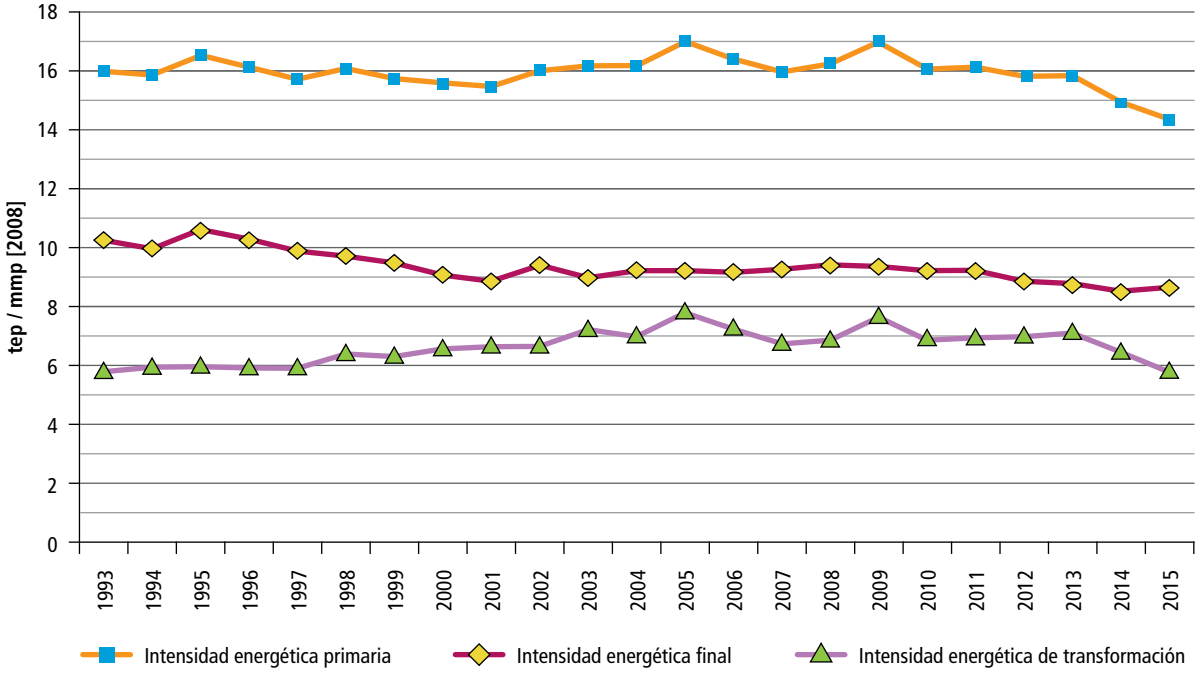
intensidad energética primaria debido a que, en los últimos 20 años, la intensidad de consumo final ha disminuido a una tasa promedio anual de 1%, en tanto que la intensidad del sector energético ha bajado apenas 0.2 por ciento. Sin embargo, esta última muestra una tendencia a la baja desde 2013 (**Figura 4.23**).

Una forma de entender los factores que influyen en la intensidad energética nacional es observar el acercamiento o alejamiento de las curvas de tendencia entre las intensidades primaria y final, o mediante la reducción de la relación (o razón) intensidad final/intensidad primaria (**Figura 4.24**).

El alejamiento notorio entre las tendencias de dichas intensidades desde mediados de los años noventa y hasta 2001 corresponde con las mejoras en eficiencia energética, cambios estructurales y un crecimiento de la economía, dado que la separación ocurre por el lado de la intensidad final. A su vez, en el decenio 2000-2009 este parámetro se estabilizó y la intensidad primaria se separó en sentido contrario debido a ineficiencias en el sector energético, principalmente por estar vinculado con la mezcla de generación de electricidad, el uso creciente de gas natural para reinyección a pozos petroleros en campos maduros, y al aumento de pérdidas en transformación y distribución, mezcla de factores que aumentó la brecha entre las intensidades final (IF) y primaria (IP).

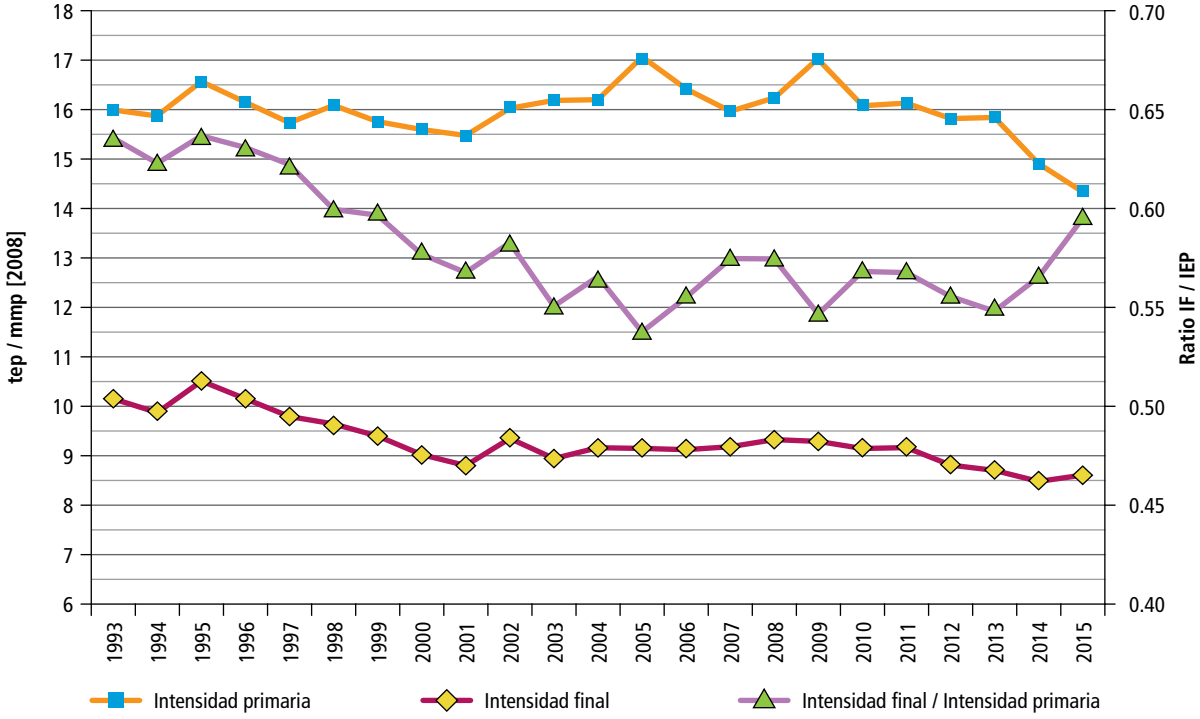
Cuando la relación intensidad final/intensidad energética primaria disminuye, existe una mayor eficiencia del consumo final, ya que tiene un menor peso en el consumo energético nacional. Un factor que promueve el acercamiento de las tendencias entre las dos intensidades e incrementa la razón IF/IP en los últimos años no se debe a una mayor eficiencia en el sector transformación, sino al hecho de que las refinerías, plantas de gas y coquizadoras disminuyeron significativamente su producción, y la demanda final se cubrió con importaciones crecientes,

Figura 4.23. **Evolución de las intensidades energéticas primaria, final y de transformación, 1993-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de INEGI y SENER.

Figura 4.24. **Relación de intensidad final con respecto a la intensidad primaria, 1993-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de CONUEE, INEGI y SENER.

principalmente de gas natural y gasolinas, situación que produce un efecto reductor de las pérdidas por transformación y aminora la brecha entre ambas intensidades.

Intensidades de consumo final

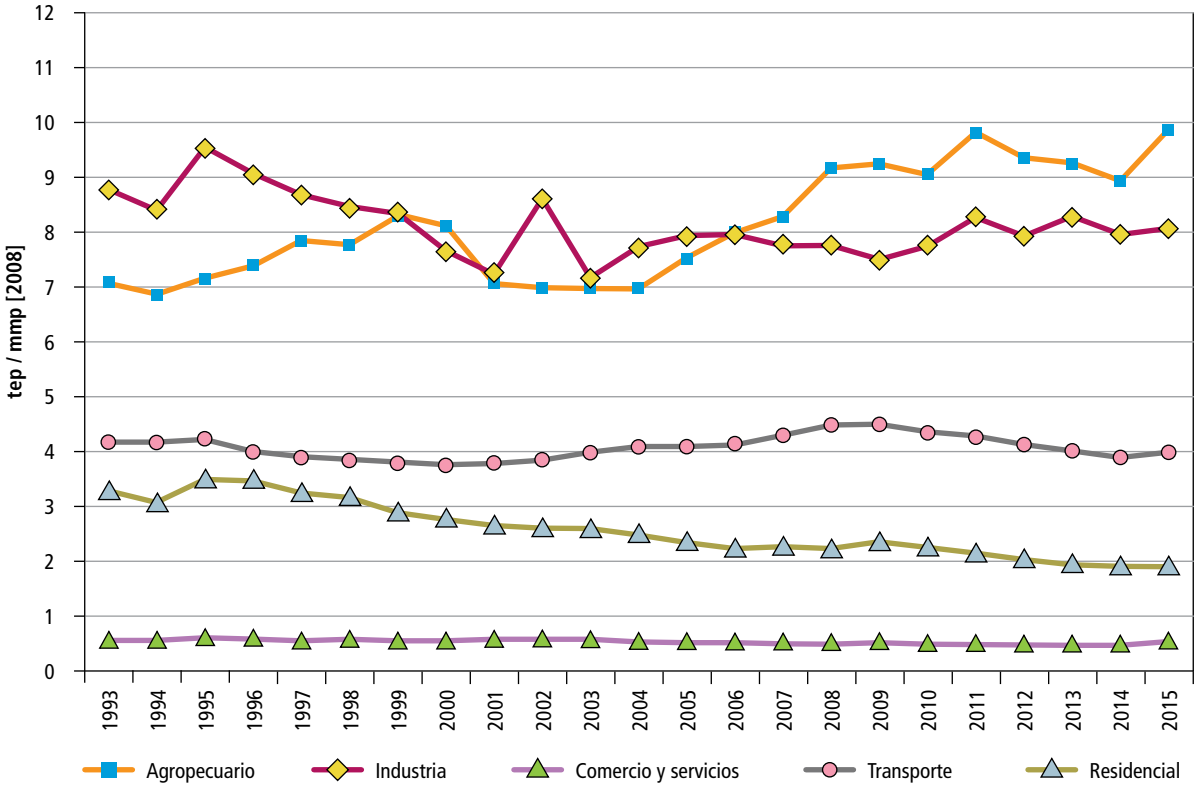
Las intensidades energéticas de consumo final de los principales sectores son índices obtenidos del cociente entre el consumo energético y el valor agregado a precios constantes en los sectores industrial, comercial-servicios, y agropecuario, respectivamente. En el caso del sector residencial se usa el consumo privado de los hogares, en lugar del valor agregado, con el fin de reflejar el gasto que realizan los ciudadanos residentes del país en la compra de bienes y servicios.

Para medir la intensidad energética del sector transporte, se relaciona el consumo de energía del sector transporte con el PIB,[25] a fin de explicar la cantidad de energía utilizada para trasladar bienes y personas en el país. En México, las intensidades energéticas sectoriales en los últimos 20 años muestran que, salvo el sector agropecuario, todos los sectores de consumo final de la energía han disminuido su índice, y que el residencial ha sido el más destacado (**Figura 4.25**).

Entre 1995 y 2015, las intensidades energéticas de uso final de cada sector han evolucionado de la siguiente manera:

[25] Este indicador no usa el valor agregado del sector transporte, ya que solo reflejaría de la actividad de las empresas de transporte lo que corresponde a una parte del consumo total de esa actividad. El consumo de transporte también incluye el consumo de vehículos privados, camiones industriales y vehículos, así como vehículos de instituciones y administraciones de servicios privados.

Figura 4.25. **Evolución de las intensidades de consumo final por sector, 1993-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de CONUEE, INEGI y SENER.

- Residencial se redujo en 45.9 por ciento.
- Industrial se redujo 15.6 por ciento.
- Comercial y servicios se redujo 10.9 por ciento.
- Transporte se redujo 5.6 por ciento.
- Agropecuario aumentó 37.7 por ciento.

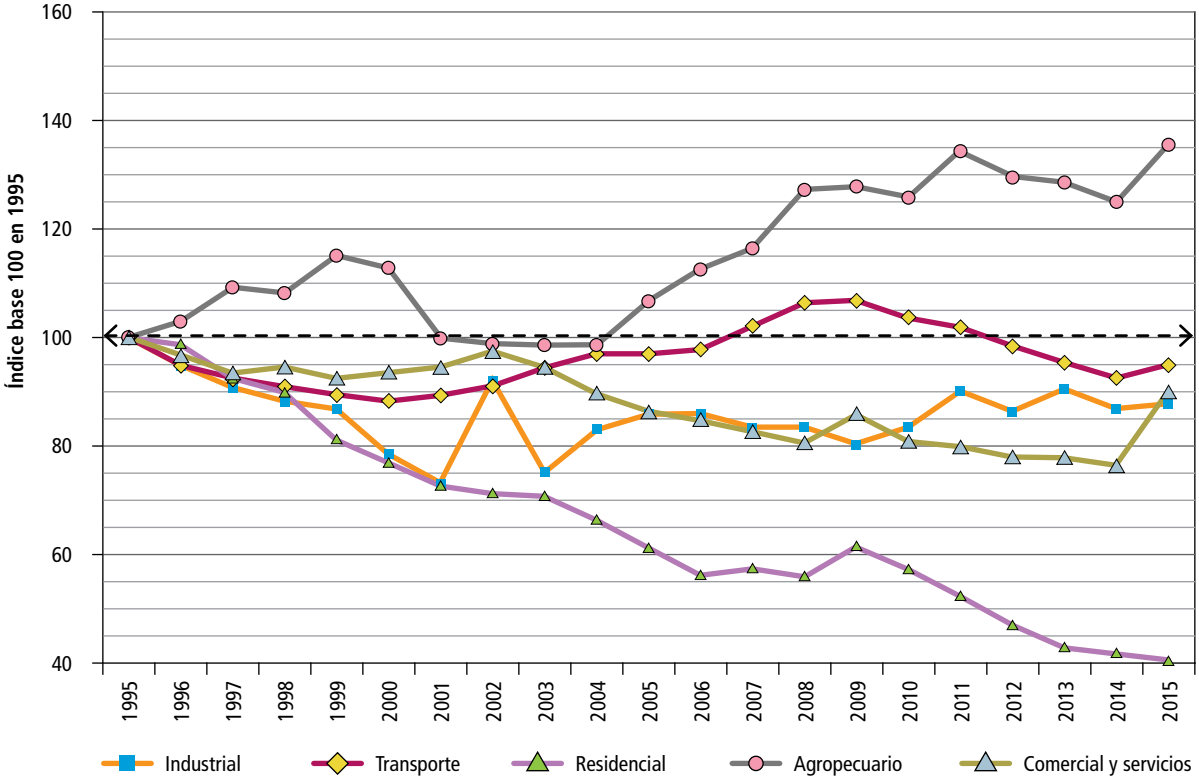
Las principales políticas públicas en materia de eficiencia energética se han enfocado al sector residencial y han reducido su intensidad energética de manera progresiva. Las más importantes por su alcance e impacto han sido las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER) que entraron en vigor desde mediados de los años noventa.[26] De igual manera, desde inicios de ese decenio se han promovido programas de sustitución de equipos y luminarias dirigidos al sector residencial, los cuáles han acelerado los cambios tecnológicos establecidos por las NOM-ENER de última generación (**Figura 4.26**).

Consecuentemente, el sector industrial se ha colocado como el segundo en disminuir su intensidad de consumo final. Entre los factores que han influido en dicho comportamiento se encuentran:

- La mejora tecnológica de los procesos industriales intensivos (producción de acero, cemento, papel y vidrio).
- Un cambio estructural en la composición de las actividades de la industria mexicana, cuyo crecimiento se ha dado en los últimos años por una mayor actividad de subsectores menos intensivos y más automatizados.

[26] Que regulan los límites de consumo y/o las eficiencias de los equipos más importantes en usos térmicos y eléctricos del hogar.

Figura 4.26. **Tendencia del crecimiento acumulado de las intensidades energéticas por sector, 1995-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de INEGI y SENER.

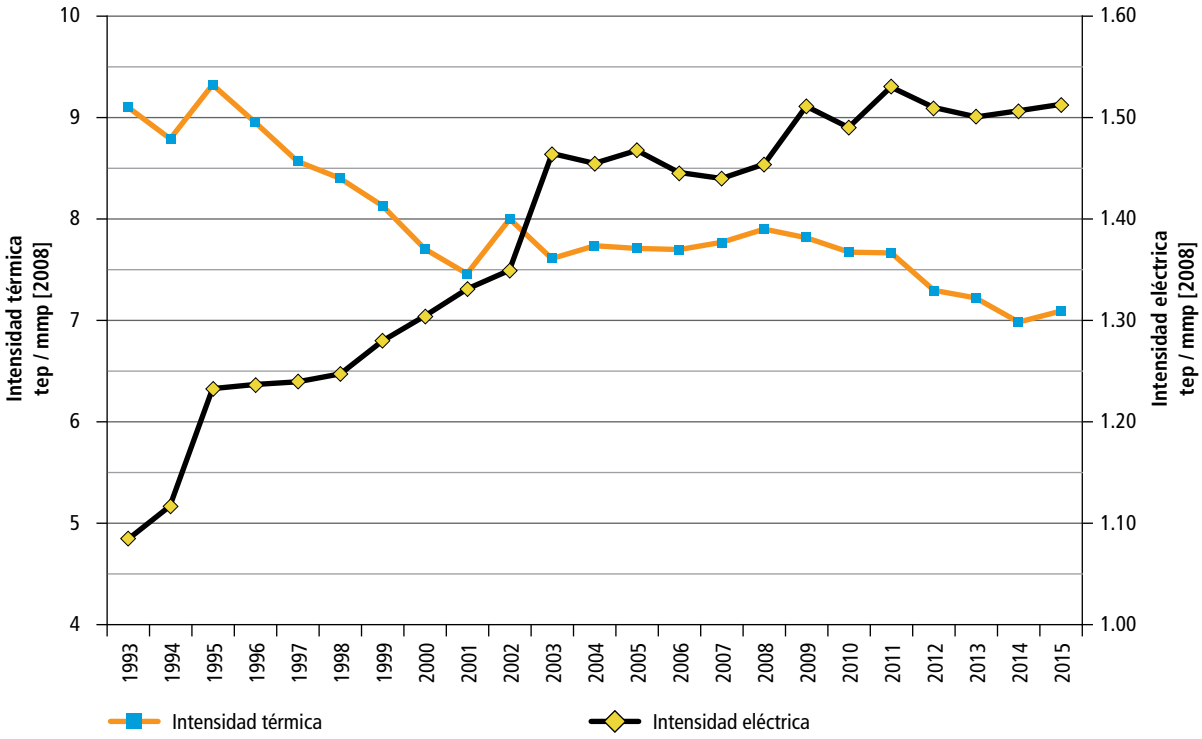
- Procesos de sustitución del consumo de combustóleo por gas natural, que resulta más eficiente en la matriz energética del sector, más un incremento paulatino en el aprovechamiento de potenciales de cogeneración y materiales reciclables, entre otros.
- Disminución de los costos de los energéticos para elevar la productividad y competitividad de sus actividades, mediante la diversificación de combustibles alternativos.

Estas acciones de mejoramiento de la eficiencia energética del sector industrial reflejan un gran interés de parte de las empresas ubicadas en territorio mexicano por mantener la competitividad no solo en el mercado interno, sino también en los mercados internacionales. Por otro lado, la composición de la intensidad energética de consumo final ha cambiado en las últimas dos décadas, debido a que cada vez aumenta más la dependencia de la energía eléctrica y disminuye o se hace más lenta la participación de fuentes de energía térmica[27] (**Figura 4.27**).

La intensidad de energía eléctrica final se ha incrementado anualmente en 1% entre 1995 y 2015, en tanto que la intensidad de energía térmica ha disminuido 1.4% por año en el mismo periodo; estas intensidades consideran la suma de todos los combustibles usados en los sectores transporte, residencial, industrial, comercial-servicios y agropecuario. Si se toman como referencia los valores del consumo final de energía eléctrica y térmica en 1995, destaca el hecho de que la variación acumulada del índice

[27] Las fuentes térmicas se refieren al uso de energía en forma de un combustible sólido, líquido o gaseoso para diferenciar del uso de la electricidad.

Figura 4.27. **Evolución de las intensidades finales térmica y eléctrica, 1993-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de INEGI y SENER.

de consumo de energía eléctrica se incrementó en 90% hasta 2015, en tanto que la correspondiente a la energía térmica aumentó en 30% para el mismo periodo (**Figura 4.28**).

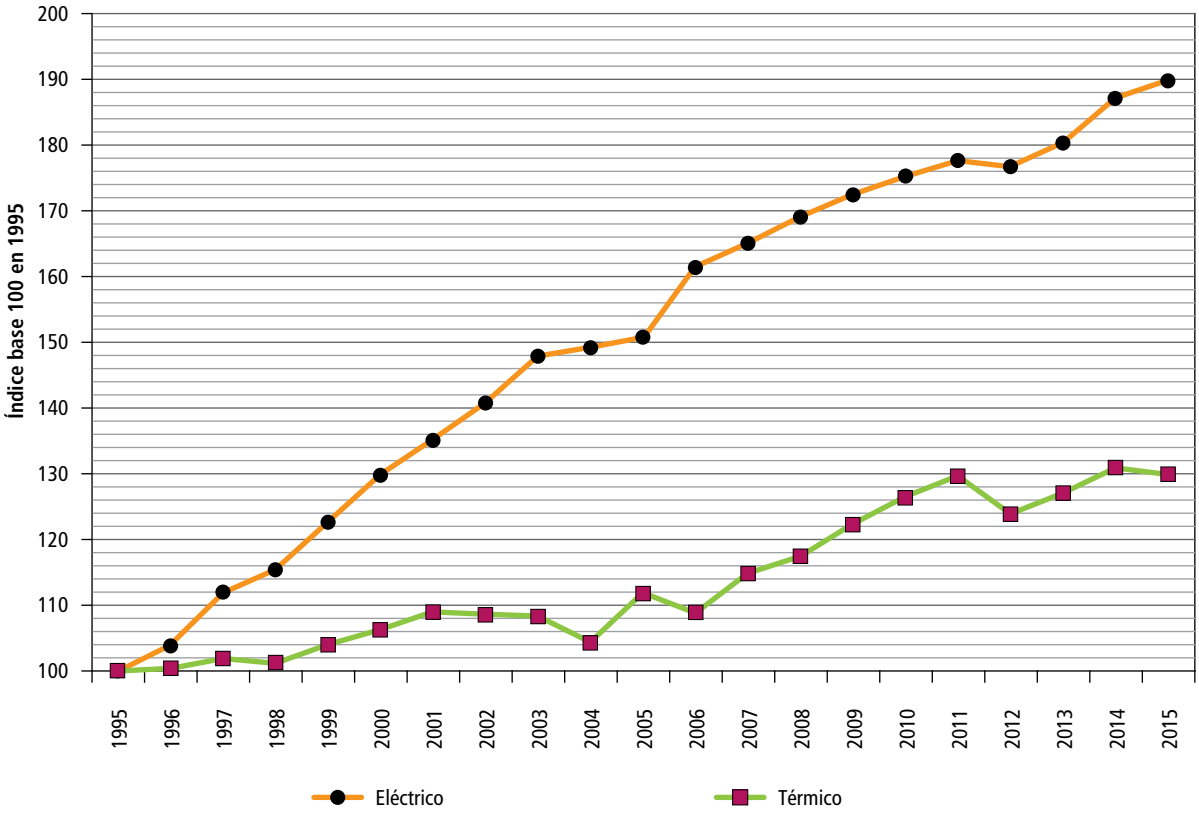
Entre los factores que han favorecido la mayor participación de la electricidad en el consumo final durante los últimos 20 años se encuentran: el incremento paulatino del grado de electrificación de la población; un mayor equipamiento de los electrodomésticos y puntos de luz en los hogares; la sustitución de tecnologías y automatización de procesos industriales a base de electricidad; el crecimiento acelerado de industrias menos intensivas en el consumo de energía térmica; el incremento paulatino de actividades del sector comercial y de servicios que favorecen el consumo de electricidad.

Emisiones per cápita

Las emisiones per cápita de México son menores que las de Brasil, China e India

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés) y la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), las trayectorias de los indicadores de emisiones por quema de combustibles fósiles per cápita, construidos por ambas organizaciones, tanto de China como de India, muestran las mayores tasas de crecimiento, a escala mundial, con respecto a 1980. Sin embargo, a partir de 2013, la trayectoria del crecimiento del indicador en China y Brasil comenzó a desacelerarse, mientras que en India ocurre lo contrario, pues el citado

Figura 4.28. **Tendencia del crecimiento acumulado del consumo final eléctrico y térmico, 1995-2015**



Fuente: CEPAL, 2018 con información de INEGI y SENER.

indicador mantiene el ritmo de crecimiento tendencial desde 1980 (OECD e IEA, 2016, 2017).

Canadá, Estados Unidos y Rusia presentan reducción de sus emisiones con respecto a las registradas en 1980. Destaca Rusia con una reducción de 30%, seguido por Estados Unidos y Canadá con 23 y 11%, respectivamente. Sudáfrica, desde el año 2005 y hasta 2015, muestra un crecimiento constante de sus emisiones per cápita respecto de 1980, con tasas que oscilan entre 2 y 7% anual.

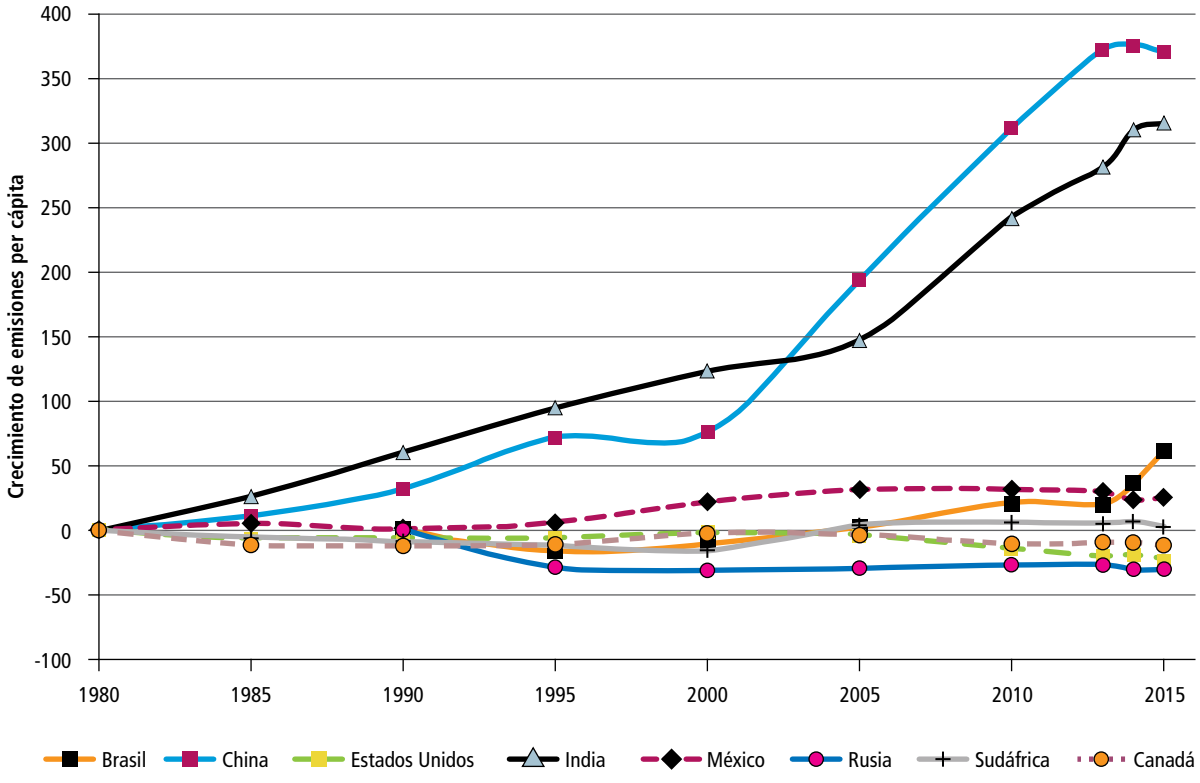
Por otra parte, de acuerdo con la misma fuente, las emisiones per cápita en México han tenido una tendencia creciente de 1990 a 2005, mientras que, de 2005 a 2015, fue decreciente (**Figura 4.29**) (OECD e IEA, 2016, 2017). Destaca el hecho de que el indicador se mantiene por debajo de tres de los países que conforman el conjunto denominado BRICS:[28] Brasil, India y China.

A pesar del comportamiento del indicador para México, en el país se observa un consumo de combustibles fósiles superior a la media mundial, indicativo de que aún se cuenta con un amplio potencial para mejorar su nivel de emisiones per cápita.

Entre 2010 y 2015, las emisiones per cápita en México apenas han disminuido. En relación con el indicador que se construye a nivel nacional, de acuerdo con datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto

[28] Nombre con que se ha denominado a cinco economías catalogadas como emergentes: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica.

Figura 4.29. **Tasa de crecimiento de emisiones per cápita a partir de 1980**



Fuente: INECC, con datos de la Agencia Internacional de Energía (OECD e IEA, 2016, 2017).

Invernadero 2015 (INEGYCEI), en 2015 las emisiones per cápita de México fueron de 3.61 tCO_2e por habitante, es decir, un valor parecido al de 2012, año de publicación de la Quinta Comunicación Nacional; y 0.5% mayores al valor de 2010, año de referencia del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) (**Figura 4.30**).[29]

Las emisiones per cápita se mantienen prácticamente constantes a lo largo del periodo, situación que refleja que la tasa de crecimiento poblacional del país ha variado muy poco en el periodo de análisis, casi en la misma tasa que las emisiones de GEI.

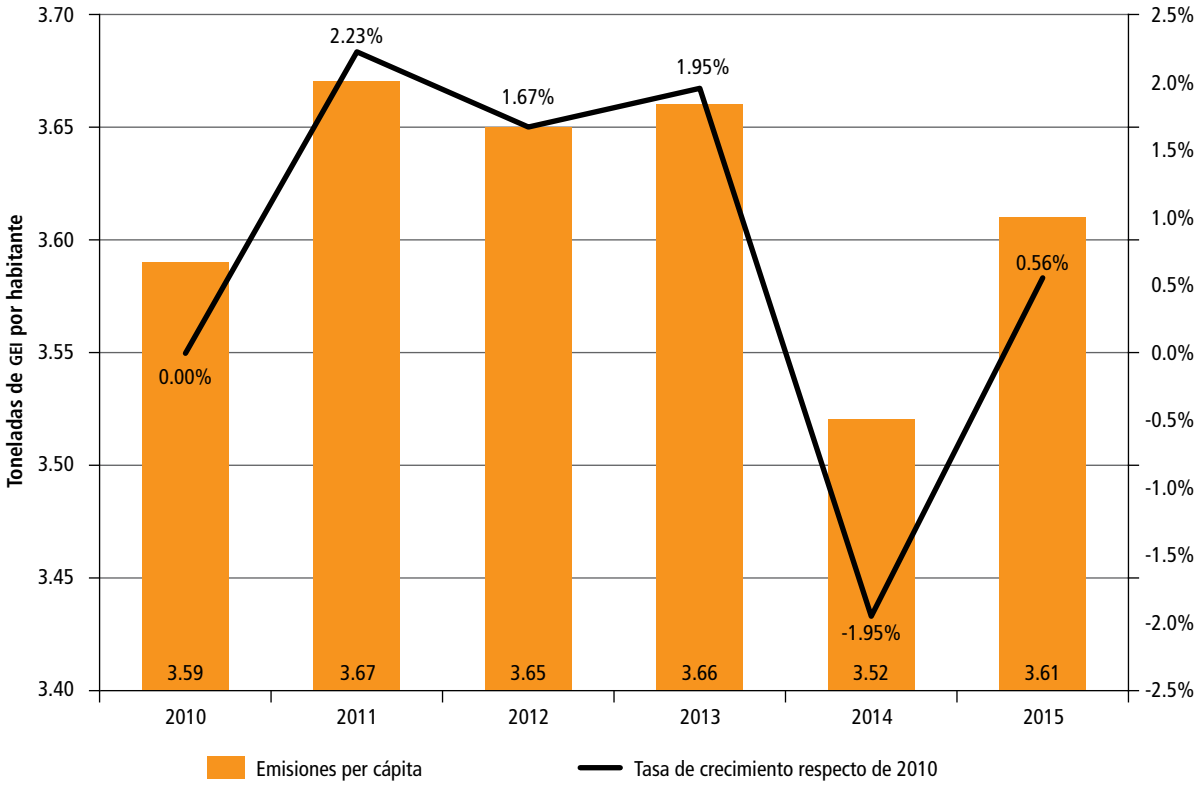
[29] En dicho programa se fija el nivel del indicador en el año 2010 como referencia para evaluar el avance del indicador a 2020.

Intensidad de carbono

México debe desacoplar sus emisiones de la actividad económica. El crecimiento económico de México, basado en el consumo de energéticos de origen fósil, es la principal causa de las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI). Para atender las crecientes necesidades de la población nacional, simultáneamente con los requerimientos para la contención del cambio climático, resulta necesario separar estas emisiones de la actividad económica. Proceso virtuoso que puede generarse si las formas de producir, distribuir y consumir los bienes y servicios que demanda la población son menos intensivas en el uso de energéticos fósiles.

La forma de medir el nivel de acoplamiento de las emisiones de GYCEI a la actividad económica es mediante el indicador de Intensidad de Carbono,

Figura 4.30. **Emisiones per cápita de México, 2010-2015**



Fuente: elaboración propia con datos de Presidencia de la República, 2017; INECC, 2018.

que se refiere al volumen de gases emitidos por cada unidad de valor generado en una economía. Así, uno de los elementos para combatir el cambio climático y lograr un crecimiento verde —es decir, un crecimiento sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente— se centra en la reducción de este indicador.

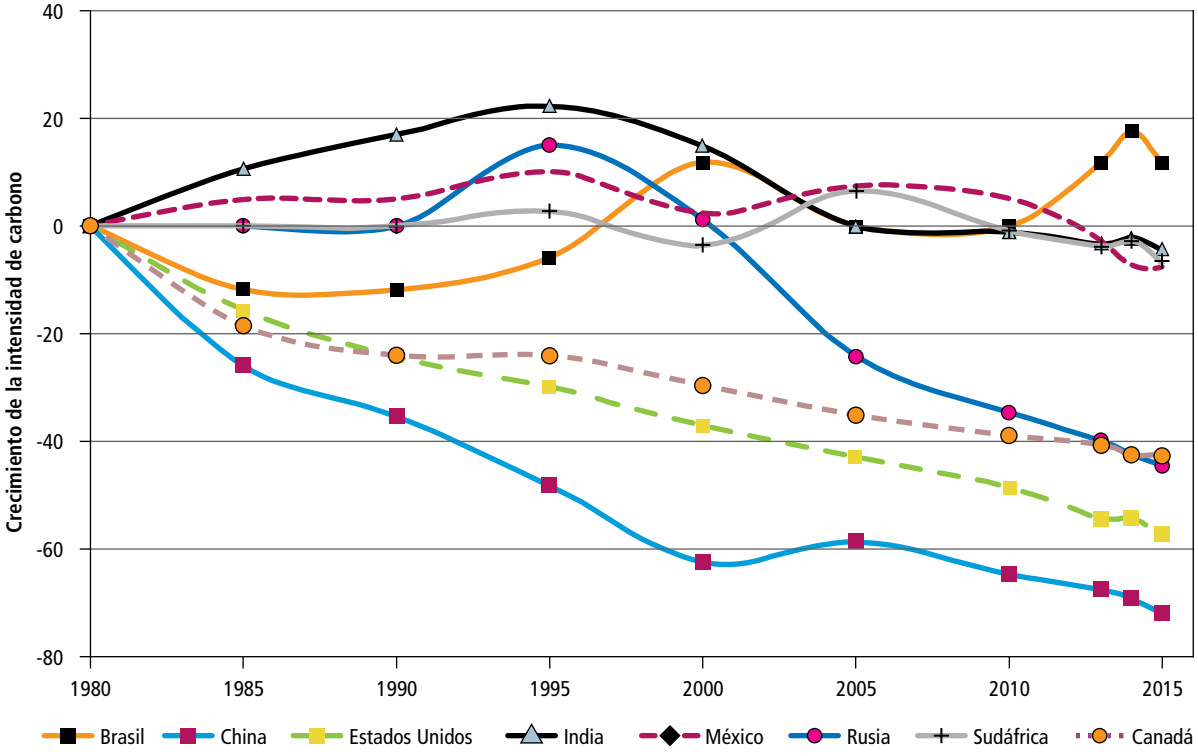
De acuerdo con la OECD y la IEA, la intensidad de carbono por la quema de combustibles fósiles en el mundo ha decrecido en relación con los valores observados en la década de los años ochenta. De 1980 a 2013, México experimentó un crecimiento relativamente estable en el contenido de carbono de los bienes y servicios que produjo.

A partir de 2013 se observó un ligero decrecimiento de la intensidad de carbono en el país (**Figura 4.31**), 7.5% menor en 2015, con relación a los valores registrados en 1980. Esto es resultado del lugar primordial que cobra el sector de los servicios en la actividad económica mexicana, sobre todo en los últimos años (OECD e IEA, 2016, 2017), que generalmente requiere de menores cantidades de energía por unidad monetaria de producto.

Asimismo, al comparar con BRICS, en 2015 México presenta niveles similares, en términos relativos, a los de India y Sudáfrica; por debajo de Brasil, aunque este último comienza a desacelerar su crecimiento. Destaca el caso de Rusia, quien mantenía tasas por encima de México entre los años 1994 y 2000. Sin embargo, desde 2013 presenta tasas comparables a las de países desarrollados, como Canadá.

La intensidad de carbono en México decrece de forma lenta. México inició un proceso patente de desajuste entre el consumo de energía y el crecimiento económico en 2013, el cual influye, también, en la intensidad carbónica del país.

Figura 4.31. **Crecimiento relativo de la intensidad de carbono en el mundo**



Fuente: INECC, con datos de la Agencia Internacional de la Energía (OECD e IEA, 2016, 2017).

Respecto a este indicador, de acuerdo con los datos del INEGYCEI 2015, la intensidad de carbono calculada por el INECC en 2015 fue de 24.39 tCO_2e por millón de pesos constantes de 2013, valor menor en 1 t con respecto al registrado en 2012. Si el nivel de 2015 se compara con el de 2010, punto de referencia para la evaluación de los avances sectoriales, la reducción es de, aproximadamente, 8% (**Figura 4.32**).

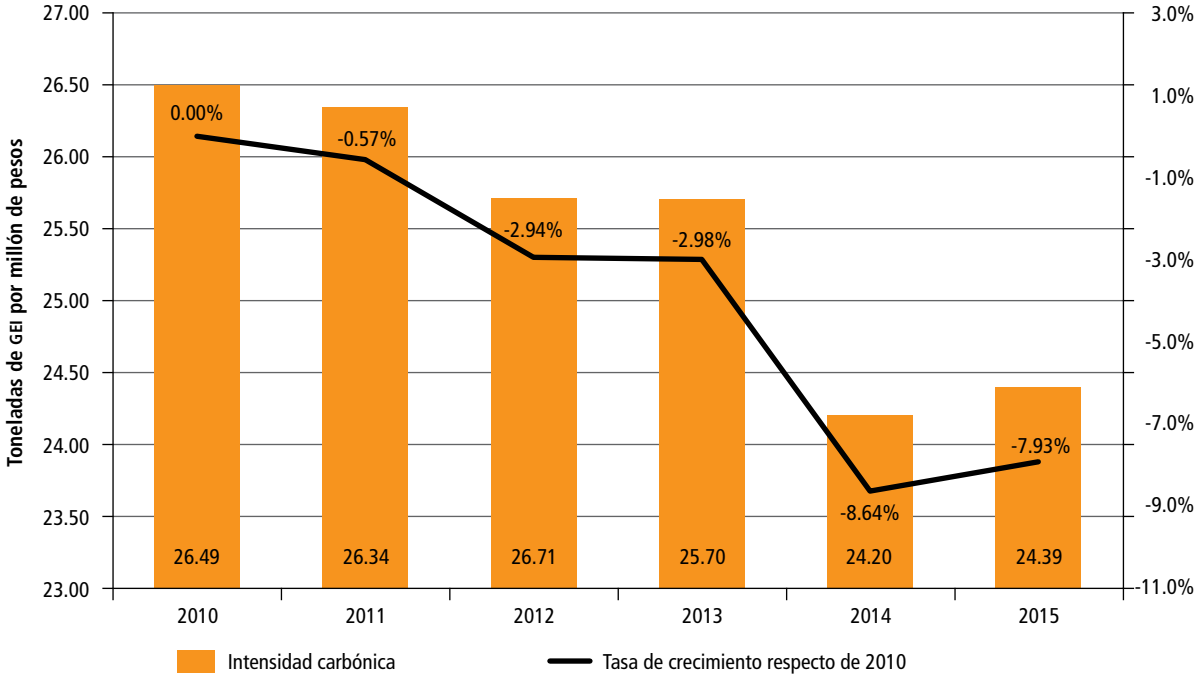
A pesar del corto periodo de análisis, en ninguno de los años presentados existe un decrecimiento del PIB con respecto al año anterior, así que la disminución del indicador se puede atribuir a reducciones en las emisiones de GYCEI. Si bien tal disminución parece insuficiente para afirmar que el país se encuentra en un proceso de desacoplamiento sostenido de sus emisiones con respecto a la actividad económica, indica que se mueve en la dirección adecuada.

México cuenta con importantes oportunidades para mitigar sus emisiones de CO_2 y desvincularlas del PIB. El reto que enfrenta el país consiste en establecer y seguir un modelo de desarrollo que permita alcanzar un crecimiento sostenido de la economía, que produzca empleos, reduzca los niveles de pobreza y que incremente el bienestar y la calidad de vida de todos los ciudadanos, sin merma de la base de recursos naturales para las futuras generaciones.

Indicadores internacionales de crecimiento verde y de economía verde

La construcción de indicadores permite el rastreo y monitoreo de metas y objetivos, así como la corrección de posibles desviaciones de la trayectoria adecuada para alcanzarlos. También ofrece elementos e información útil para mejorar la toma de decisiones sobre las políticas públicas conducentes al crecimiento verde o la economía verde, al tiempo que ofrece elementos adicionales para la definición de la sustentabilidad en las ciudades.

Figura 4.32. **Intensidad de carbono en México, 2012-2015**



Fuente: INECC; elaboración propia con datos de Presidencia de la República, 2017 y el INECC (2018).

Los indicadores juegan un papel importante en el trabajo de definición de las políticas de organismos como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el Banco Mundial, el Instituto de Crecimiento Verde Global (GGGI, por sus siglas en inglés) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para este efecto, han avanzado diversas iniciativas orientadas al desarrollo de los mismos (**Tabla 4.4**).

Los indicadores elaborados por la OCDE permiten comparar el desempeño de México frente al resto de los países miembros de esta organización. Por ejemplo, el promedio de emisiones per cápita nacionales de dióxido de carbono de la OCDE en el 2014 fue de 9 toneladas, mientras que en México fue de 4 toneladas, misma cantidad que en el bloque de países llamado BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), pero por debajo de las 16 toneladas per cápita anuales registradas en Estados Unidos y Canadá (OCDE, 2017). Pese a que las emisiones nacionales son menores al promedio de las de los países de la OCDE, México asumió el compromiso internacional no condicionado de reducir 22% de sus emisiones de GEI para el año 2030, lo que equivale a una disminución de aproximadamente 211 megatoneladas.[30]

En materia de instrumentos económicos, como los llamados impuestos ambientales, México cuenta con el menor porcentaje de gravamen de todos los países miembros de la OCDE, con solo 0.06 por ciento. En este rubro, la OCDE tiene un promedio de 1.6%, y el país con mayor número de impuestos considerados ambientales es Dinamarca, con 4.11% (OCDE, 2017).

En 2013, en términos de género y medio ambiente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) creó el Índice de Género y Medio Ambiente (EGI, por sus

[30] "Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030", México, Gobierno de la República. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39248/2015_indc_esp.pdf (consultado en junio de 2018).

Tabla 4.4. Instituciones e iniciativas internacionales de crecimiento verde

Organización	Iniciativa	Propuesta
OCDE	Marco de medición de crecimiento verde	Estimar y monitorizar cinco grupos de indicadores para medir el avance hacia un crecimiento verde: *1)* productividad ambiental y de los recursos, *2)* bienes económicos y ambientales, *3)* calidad de vida ambiental, *4)* oportunidades económicas y respuestas de política y *5)* contexto socioeconómico (OCDE, 2011).
Banco Mundial	Alianza mundial para la contabilidad de la riqueza y la valoración de servicios de los ecosistemas	Fomentar el desarrollo sustentable adquiriendo el compromiso de que las cuentas nacionales, utilizadas para medir y planificar el crecimiento económico, incluyan el valor de los recursos naturales y de los bienes y servicios ambientales (The World Bank, 2014).
GGGI	Planificación de crecimiento verde	Evaluar la sostenibilidad de cada país por medio de indicadores que provean información necesaria para: *1)* diagnosticar el estado actual de la economía y la sustentabilidad e identificar los principales problemas; *2)* desarrollar escenarios alternativos de crecimiento verde y *3)* monitorear y evaluar el progreso orientado hacia un crecimiento verde (GGGI, 2016).
PNUMA	Indicadores de economía verde	Medir el desarrollo sustentable por medio de tres categorías de indicadores: *1)* problemas y objetivos ambientales, *2)* intervención de política, y *3)* impacto de las políticas en el bienestar y la equidad sociales (UNEP, 2012).

Fuente: INECC; elaboración propia con información de OCDE (2011), UNEP (2012), The World Bank (2014), GGGI (2016).

siglas en inglés)[31] a fin de identificar los avances internacionales en este binomio (IUCN, 2013).

El país con mejor EGI fue Islandia, con 0.84, y el de menor índice fue la República Democrática del Congo, con 0.24; México se encuentra entre los países con desempeño moderado, con un resultado de 0.67, lo que lo coloca en la posición general número 21 y como uno de los países mejor ubicados en actividades medioambientales reportadas en el mundo, aunque con bajos resultados en materia de acceso a recursos financieros para la mujer (IUCN, 2013).

Valor de la producción de bienes y servicios ambientales

Otro indicador de crecimiento verde es el que se refiere al valor de la producción de bienes y servicios ambientales en México, el cual refleja el valor económico de todos los bienes y servicios producidos en la economía que protegen y benefician al medio ambiente.

Este indicador incluye las actividades económicas que se dirigen a la protección o beneficio del medio ambiente. Así, se contabilizan actividades económicas que contribuyen para alcanzar el objetivo de la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo mediante la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, el aprovechamiento sustentable y eficiente de los recursos y la utilización de tecnologías o prácticas con menor huella ecológica.

Asimismo, este indicador permite medir el progreso de las metas planteadas por el ODS 12, ya que muestra la participación de bienes y servicios sostenibles en el PIB. Es decir, una mayor participación de este tipo de bienes y servicios en el PIB señala la transición hacia la producción y el consumo responsables. Además, indirectamente muestra el de las metas descritas en los ODS 6, 7, 8, 11 y 13.

Las acciones del sector transporte para este rubro, por ejemplo, inciden en la disminución de

Metodología de cálculo de los indicadores de emisiones per cápita e intensidad de carbono.

Con el objetivo de medir y reconocer el desempeño del país en este tema, así como identificar las oportunidades de orientar un crecimiento verde incluyente que preserve el patrimonio natural, ambos indicadores se han consignado como claves en el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT, 2013-2018).

Las emisiones per cápita se obtienen con la siguiente fórmula:

$$\textit{Emisiones per cápita} = \frac{\textit{Volumen total de gei } (tCo_2e)}{\textit{Número de habitantes}}$$

En este caso, los GEI a los que se refiere la fórmula solo incluyen aquellos emitidos por la quema de combustibles fósiles en un año dado, divididos entre la población reportada ese mismo año. Así, el cociente obtenido se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e) emitidas por cada habitante del país. Las fuentes de información con las que se construye el indicador son el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), y datos poblacionales del Consejo Nacional de Población (CONAPO).

El indicador de intensidad carbónica relaciona las emisiones nacionales de GYCEI, derivadas de la quema de combustibles fósiles, con la actividad económica, medida con respecto al PIB del país. Las unidades en que se expresa dicho cociente son las toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e) emitidas en la economía, por cada millón de pesos que genera de valor, como se expresa en la fórmula:

$$\textit{Intensidad de carbono} = \frac{\textit{GEI } (tCo_2e)}{\textit{Producto Interno Bruto (MM pesos)}}$$

Las fuentes de información nacionales que alimentan este indicador son, por un lado, el INEGYCEI 2015 del INECC y, por otro, el PIB publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

[31] La creación del índice obedece a que, pese a que en estudios, convenciones y acuerdos internacionales se mencione la importancia de la perspectiva de género en el medio ambiente y el cambio climático, no existía una medida que mostrara la inequidad en el sector ambiental, así como la importancia del rol de la mujer en la arena medio ambiental. Este índice utiliza 27 indicadores, divididos en 6 categorías, para medir el progreso, mejorar la información las políticas y el desarrollo de programas con el objetivo de empoderar a los países para que decidan tomar acción a fin de cerrar la brecha de desigualdad en el ámbito medio ambiental. Así, pretende ser una herramienta para que gobiernos e instituciones estén mejor equipados para conservar sus recursos naturales y asegurar, al mismo tiempo, que su uso es sustentable y también equitativo. En una primera edición, el índice se calculó para 72 países, incluido México.

El valor de la producción de bienes y servicios ambientales

Este indicador refleja el valor económico de todos los bienes y servicios que protegen y benefician al medio ambiente. Dicho indicador ayuda a evaluar la forma en que las actividades productivas de distintos sectores y el crecimiento económico del país se vinculan para lograr una menor contaminación y una mayor protección ambiental.

Los bienes y servicios ambientales considerados en este indicador difieren de los relacionados con el concepto de servicios ecosistémicos; el primero se refiere a aquellos productos que resultan de actividades humanas, mientras que los bienes ecosistémicos se relacionan con los productos provistos por los ecosistemas.

El indicador se construye utilizando como insumo principal el Sistema de Cuentas Nacionales y Censos Económicos del INEGI. Se calcula para los siguientes sectores económicos: transporte; captación, tratamiento y suministro de agua; energía eléctrica; gobierno; industria manufacturera; manejo de desechos y servicios de remediación; minería y extracción de petróleo y gas; servicios profesionales, científicos y técnicos; construcción; turismo.

El sector transporte considera el valor de la producción de unidades económicas dedicadas al transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros, así como el transporte por medio de ferrocarril. Para la captación y suministro de agua es el valor de la producción de unidades económicas dedicadas a la captación, potabilización y suministro de agua o la captación y tratamiento de aguas residuales. En el tema de energía eléctrica, este valor toma en cuenta la producción generada por las fuentes renovables de energía: geotermoeléctrica, eólica y minihidráulica.

El sector gobierno contabiliza el valor de la producción de las actividades legislativas y gubernamentales dedicadas a mejorar y preservar el medio ambiente, así como aquellas dedicadas a la administración y regulación de programas para el manejo de residuos.

En el manejo de residuos se reporta el valor de la producción de aquellas unidades económicas dedicadas a proporcionar servicios de manejo de residuos y desechos, así como servicios de remediación. Los servicios profesionales, científicos y técnicos muestran el valor de la producción de unidades económicas dedicadas a la consultoría en medio ambiente.

Turismo, construcción, minería y extracción de petróleo y gas, e industria manufacturera reportan la suma del valor del gasto corriente y de la inversión dedicada a la prevención, reducción o eliminación de la contaminación ambiental generada por la actividad de los sectores turismo, construcción, minería y extracción de petróleo y gas, e industria manufacturera.

(Gobierno de la República, 2012)

emisiones de dióxido de carbono. La captación, suministro y tratamiento de agua contribuyen a la sustentabilidad del recurso y también permiten la transición hacia un uso eficiente de éste, así como a una menor sobreexplotación; de esta forma se privilegia el mantenimiento del ciclo hídrico y sus beneficios ecosistémicos.

El indicador señala el grado de preferencia de bienes y servicios por parte de consumidores y productores, proporciona evidencia de un cambio hacia patrones de producción y consumo con menor intensidad energética y de reducción de emisiones de GEI.

En México, este indicador creció anualmente 2.4% en promedio durante el periodo 2012-2016. Su valor representa 1.06% del PIB y así se ha mantenido en promedio constante durante el mismo periodo. Cabe destacar que poco más de cuatro quintas partes de este valor lo aportan los sectores de transporte y el de captación, tratamiento y suministro de agua (**Figura 4.33**). La baja contribución y el estancamiento de la producción de bienes y servicios ambientales como proporción del PIB reflejan las dificultades para transitar hacia una economía verde y baja en emisiones de carbono, con retos de mayor o menor envergadura en el ámbito sectorial.

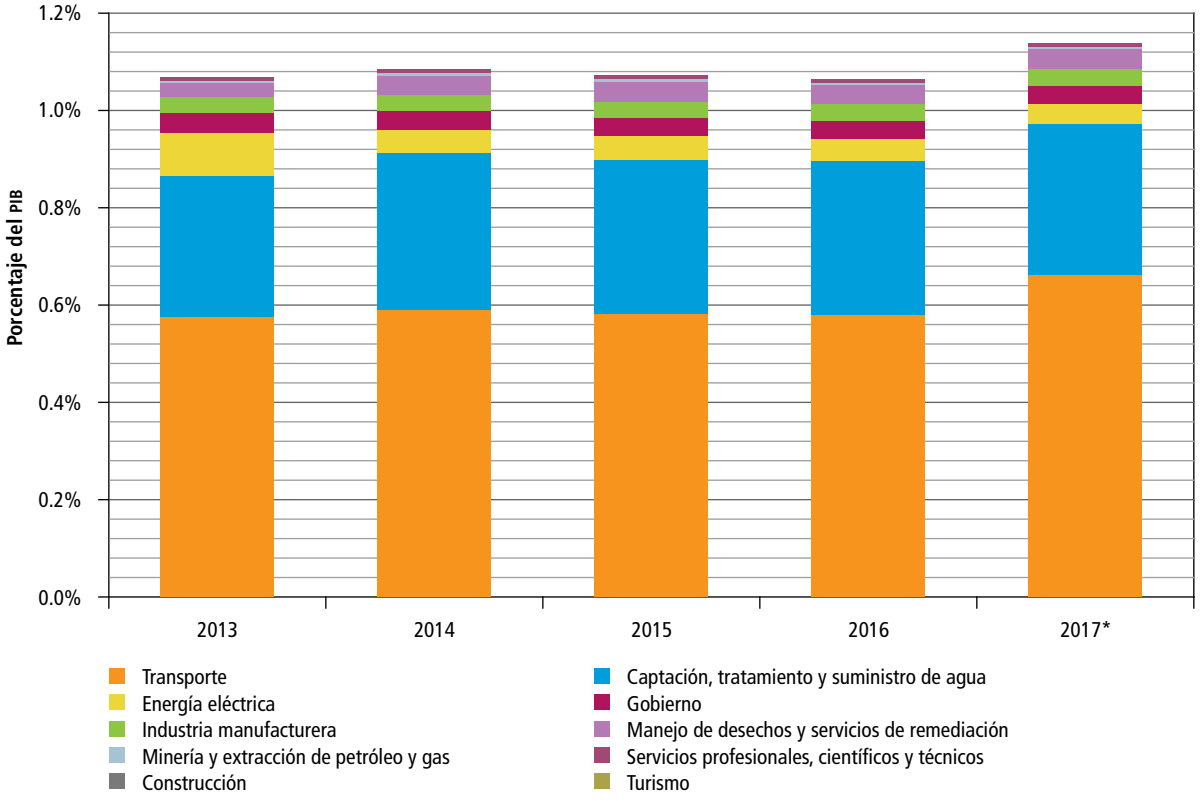
En México, uno de los principales retos del sector transporte es promover nuevos esquemas de movilidad que hagan uso más eficiente de los recursos fósiles en comparación con el uso de vehículos automotores privados; la finalidad de esto sería reducir tanto las emisiones de GEI como de contaminantes criterio,[32] que afectan la calidad de vida de los habitantes de zonas urbanas y periurbanas en el corto y largo plazo.

Además de estar destinado principalmente a la movilización de la población, el sector transporte resulta estratégico para todos los sectores económicos ya que moviliza mercancías, bienes e insumos en el desarrollo de sus actividades.

Una de las alternativas es fomentar el uso de la red ferroviaria para el transporte de personas y mercancías, en lugar del autotransporte, pues ello reducirá sustancialmente las emisiones de GEI del

[32] Condiciones de concentración para ciertos contaminantes conocidos como dañinos para la salud humana presentes en el aire y que constituyen los principales parámetros de la calidad del aire. En el ámbito internacional se reconocen siete contaminantes criterio: O_3, CO, PST, PM_{10}, SO_2, NO_2 y Pb.

Figura 4.33. **Porcentaje del PIB de los bienes y servicios ambientales**



Fuente: INECC; elaboración propia con datos del INEGI (2017).

sector. En 2016 se movilizaron 122 millones de toneladas de carga y 55.8 millones de pasajeros, 9.3% más y 27.2% más en comparación con el 2012, respectivamente.

Asimismo, los trenes de pasajeros del Sistema Ferroviario Mexicano (SFM) han reducido su consumo de combustible con una tasa media anual de 2%, al pasar de 5.1 millones de litros de diésel en 2013 a 4.8 en 2016.

Dicha reducción no se refleja en un detrimento en el servicio, ya que, entre 2013 y 2016, se registró un aumento de 12.6% anual en el número de pasajeros por kilómetro recorrido (de $1,036 millones de pasajeros por kilómetro recorrido en 2013 a 1,481 en 2016), lo cual indica un aumento de la eficiencia en este sistema de transporte (Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF, 2016).

A su vez, se encuentra en construcción el tren interurbano México-Toluca, el cual, una vez que comience a operar, podrá movilizar diariamente a 230,000 pasajeros con una reducción en los tiempos de traslado, disminuir 27,827 toneladas de CO_2 por año y generar 17,500 empleos directos y otros 35,000 indirectos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2018).

Conviene señalar que este proyecto, si bien se programó su inicio de operaciones en agosto de 2018, presenta actualmente atrasos en su construcción. Para mayo de 2018, ninguno de los tres tramos comprometidos de los que se compone la obra ha sido concluido y la vía construida asciende a cerca de 18 kilómetros continuos de los 57 planeados, lo que representa poco más de 30% de la longitud total.

Las autoridades ambientales del país consideran como tarea urgente que las principales ciudades capitales transiten hacia un sistema integral de transporte público que traslade de manera eficiente y cómoda a los ciudadanos, y promueva efectivamente, además, la disminución del uso de vehículos particulares.[33] Cabe señalar que, en los últimos años, se han hecho inversiones significativas en la Ciudad de México para ampliar el sistema del Metro y el del Metrobús.

En el sector de manejo de residuos se requieren mejoras a la regulación existente y el desarrollo de un mercado regulado. Esto contribuirá a encaminar al país hacia una gestión integral, disminuir los volúmenes generados y recuperar el mayor valor económico de los residuos. En el periodo 1997-2012, tan solo la generación de residuos sólidos urbanos creció 43.8%, al pasar de cerca de 29.3 a 42.1 millones de toneladas, como resultado del crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas, y el cambio en los patrones de consumo (SEMARNAT, 2014).

Asimismo, de los 31 millones de viviendas particulares habitadas en el país, casi 80% entrega los residuos al camión recolector, 12% los quema para evitar el mal olor y la proliferación de vectores, y el restante 6.49% los deposita en un contenedor (INEGI, 2015). Por otra parte, las emisiones de metano y la quema en los sitios de disposición final a cielo abierto representan uno de los más perniciosos daños ambientales y con altas contribuciones al volumen de emisiones de GEI.

Es importante destacar que la Ciudad de México dio un paso importante en la gestión de residuos sólidos, ya que en 2017 adjudicó un contrato para la construcción de la primera planta termovalorizadora de América Latina. Esta planta procesará 4,500 toneladas de residuos sólidos urbanos cada día para generar anualmente 965,000 Mega Watts-hora (MWh) de energía eléctrica, los cuales serán suministrados al Sistema de Transporte Colectivo (STC) para operar las 12 líneas del sistema Metro (Veolia, 2017). Otros beneficios de este proyecto son la reducción del volumen de residuos que después del tratamiento podrán ser utilizados como materiales de construcción y la reducción de emisiones de CO_2.

Este tipo de proyectos contribuye a la modernización del sector de residuos. Por otra parte, queda pendiente la construcción de rellenos sanitarios controlados que permitan cerrar los sitios de disposición final no controlados y la quema de residuos a cielo abierto. Igualmente, la construcción de centros de transferencia intermunicipales es necesaria, particularmente en aquellos municipios donde no existe infraestructura para la gestión de residuos. Además, la construcción de infraestructura para la captura de metano requiere de inversiones que permitirán mitigar las emisiones del sector, ya sea que el gas se queme o se convierta en energía eléctrica.

En el sector de energía, el valor de la producción generado como porcentaje del PIB nacional de energía geotermoeléctrica, eólica y minihidráulica se mantuvo constante en el periodo 2012-2016. En total, este grupo de fuentes renovables de energía generó 10 millones de MWh en 2016. De la misma forma, en el periodo 2012-2016 se generó 4% más de energía geotérmica, 41% más de energía eólica y 1% más de energía en plantas minihidráulicas.

Sin embargo, se espera que —gracias a las nuevas condiciones establecidas en la Ley de Transición Energética, como con las Subastas y Certificados de Energía Limpia (CEL)— la inversión en fuentes renovables de energía aumentará y abonará a la descarbonización de la economía del país (Presidencia de la República, 2015). Por ejemplo, entre septiembre de 2015 y junio de 2016, se inició la construcción de centrales de generación geotermoeléctrica en los estados de Michoacán, Nuevo León, Sonora y Sinaloa (Gobierno de la República, 2015d, 2016d).

[33] Las encuestas de movilidad levantadas en la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara muestran que el automóvil es una opción de transporte dominante, particularmente para viajes de un solo destino. En la Ciudad de México, 53% de la población utiliza el transporte público y 23% el automóvil en alguno de sus trayectos (INEGI, 2018). En la ciudad de Monterrey, 50% utiliza el automóvil y 33% el transporte público a su principal destino (Cómo Vamos Nuevo León, 2016). En la ciudad de Guadalajara, 50% de la población utiliza el transporte público y 30% el vehículo particular (Jalisco Cómo Vamos, 2016).

Valor de la producción obtenida a partir del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales

Los recursos naturales se consideran fundamentales para la actividad económica y el bienestar humano, pues proveen bienes y servicios ambientales necesarios para la formación y el desarrollo del capital económico, social y humano.

El aprovechamiento sustentable del capital natural es una condición necesaria para promover un crecimiento verde y el desarrollo sustentable del país en el largo plazo. En México dicho aprovechamiento no solo crea fuentes de ingreso en el largo plazo y la preservación de los bienes y servicios ambientales para futuras generaciones, también fomenta la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo. Por ejemplo, las prácticas que incorporan el aprovechamiento forestal sustentable y la agricultura orgánica propician la captura de CO_2 en forma de biomasa y carbono en suelo. El indicador informa sobre el avance para alcanzar los ODS 6, 14 y 15, ya que genera información sobre prácticas agrícolas que disminuyen la contaminación de acuíferos y sobre la conservación de poblaciones saludables de especies aprovechables en ecosistemas marinos y terrestres. Un valor mayor indica un avance hacia la consecución de los ODS mencionados.

Además, el aprovechamiento forestal contribuye a la adaptación al cambio climático, ya que reduce el riesgo de inundaciones y deslaves provocados por eventos climáticos extremos y mejora la infiltración de las áreas con cobertura forestal.

De la misma forma, la conservación de ecosistemas por medio del esquema de Áreas Naturales Protegidas (ANP) juega un papel importante como sumidero de carbono y fomenta un cambio en la conciencia ambiental de sus visitantes, que puede reflejarse en un tránsito hacia patrones de consumo y producción que protejan el medio ambiente.

En México, el valor de la producción obtenida del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales es un indicador que mide la aportación del capital natural a la economía mediante el valor de las actividades económicas que están asociadas a su uso sustentable. El indicador considera la suma del valor de la producción de diversas actividades (**Tabla 4.5**).

Tabla 4.5. **Actividades del indicador: valor de la producción obtenida a partir del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales**

Actividad	Descripción de la actividad
Aprovechamiento forestal	El aprovechamiento forestal se refiere a la extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentran. Incluye los recursos maderables y no maderables. Por otra parte, los viveros forestales son sitios en los que se aplican técnicas apropiadas para la producción de plántulas forestales con talla y cantidad apropiada según la especie, para su plantación en un lugar definitivo.
Agricultura orgánica	La agricultura orgánica se conforma por cultivos basados en un sistema de producción con un uso regulado de insumos externos que restringe y, en su caso, prohíbe la utilización de productos de síntesis química.
Pesca no sobreexplotada	La pesca no sobreexplotada se define como aquella que aprovecha o hace un uso de los recursos marinos de manera que no rebasa su rendimiento máximo sostenible y se administra y opera de manera responsable, acorde con las leyes locales, nacionales e internacionales.
Aprovechamiento de la vida silvestre y actividades turístico-recreativas	El aprovechamiento de la vida silvestre se refiere al uso de ejemplares, partes o derivados de especies silvestres, mediante su captura o caza (extractivo), así como a las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no implican la remoción de ejemplares, partes o derivados (no extractivo).

Fuente: INECC; con información del 5º Informe de Gobierno (Presidencia de la República, 2017).

Valor de la producción obtenida a partir del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales

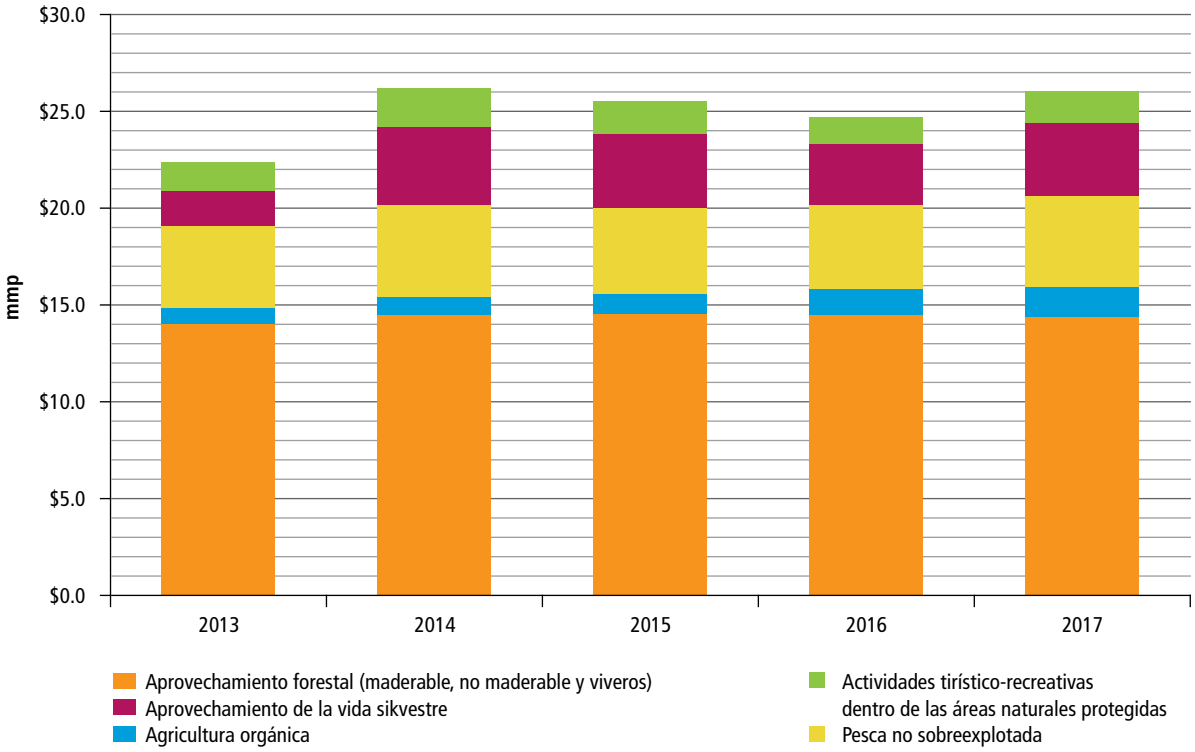
El objetivo del indicador es contabilizar la aportación del capital natural a la economía mediante el valor de las actividades económicas que están asociadas a su uso sustentable. El indicador se elabora a partir de datos registrados por el Sistema de Cuentas Nacionales del INEGI y los anuarios estadísticos de SAGARPA y de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA); además incluye datos de otros estudios y fuentes académicas.

El valor de la producción proveniente del aprovechamiento de los recursos naturales en México creció 3% en el periodo 2012-2017 y pasó de $22,841 mdp al comienzo del periodo, a $24,685 mdp al finalizar el mismo. En 2017, el valor de la producción representó 0.18% del PIB nacional. En ese mismo año, este indicador estuvo compuesto por los siguientes factores: aprovechamiento forestal (57%), pesca no sobreexplotada (17%), aprovechamiento de la vida silvestre (12%), actividades turístico-recreativas dentro de las áreas naturales protegidas (5%) y agricultura orgánica (5%) (**Figura 4.34**).

El componente de aprovechamiento forestal de los recursos maderables y no maderables es el de mayor peso en el valor de la producción del aprovechamiento de los recursos y se ha mantenido constante en el periodo. El aprovechamiento de vida silvestre y el de agricultura orgánica han mostrado mayor dinamismo con un crecimiento anual promedio de 22 y 18%, respectivamente. Estos dos componentes son los principales responsables del crecimiento en el valor de la producción del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

En cuanto al valor de producción del aprovechamiento de la vida silvestre, este aumentó debido al incremento de las actividades de caza y las actividades turísticas derivadas del avistamiento de ballenas y de tiburón ballena; y al hecho de que, en el ejercicio

Figura 4.34. Valor de la producción que proviene del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales



Fuente: INECC; con datos de CONAPESCA (2013), INEGI (2016), SIAP (2015).

fiscal de 2015, se autorizaron $56.6 mdp para el fortalecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) previamente establecidas (SEMARNAT, 2015).

Respecto de la agricultura orgánica, México es el cuarto productor mundial de alimentos orgánicos con 2.3 millones de productores y 169,000 hectáreas en explotación (SIAP, 2016). México se encuentra entre los 20 principales exportadores de alimentos orgánicos a países como Japón, EUA y la Unión Europea. Se estima que el mercado doméstico de alimentos orgánicos crece anualmente 10% (SIAP, 2016). En México se cultivan más de 45 productos orgánicos, de los cuales el café abarca la mayor superficie cultivada, seguido del maíz azul o blanco, y luego por cultivos como ajonjolí, hortalizas, agave, hierbas aromáticas, mango, naranja, frijol, manzana, papaya y aguacate.

En México, la tasa de crecimiento anual promedio para la actividad de pesca no sobreexplotada registra un crecimiento de 4.7% en el periodo 2012-2017. La actividad pesquera tiene un valor económico, social y alimentario del que se generan divisas, empleo directo y proteína animal. La creciente demanda de alimentos ha generado un incremento en el esfuerzo pesquero y tasas de aprovechamiento superiores a los que los recursos pesqueros pueden soportar (Instituto Nacional de Pesca, 2014).

Es prioritario acabar con la pesca furtiva y la sobreexplotación pesquera; para realizar estas acciones deben promoverse en el país practicas sustentables que permitan equilibrar la generación de beneficios económicos destinados a los pescadores y la conservación de las especies y ecosistemas marinos en el largo plazo, como por ejemplo el manejo basado en derechos (MBD)[34] y áreas marianas protegidas.

Este MBD, ejecutado en la pesquería de langosta en la comunidad de Punta Allen, Quintana Roo, ha registrado un aumento de la población de langosta, un incremento en la captura por unidad de esfuerzo y precios más altos pagados a los pescadores. Por ende, se considera un caso de éxito en esquemas de manejo y gobernanza en el mundo (FAO, 2015). Para lograr un manejo sustentable de las pesquerías se requiere la participación de los pescadores, la comunidad científica, las organizaciones no gubernamentales y el gobierno.

Asimismo, se deben promover y reconocer las acciones voluntarias de las pesquerías para adoptar prácticas que promuevan la sustentabilidad de los recursos naturales. Por ejemplo, en 2017 el Marine Stewardship Council certificó La Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable, que acredita a las pesquerías mexicanas de atún aleta amarilla y barrilete como sustentables (EDF, 2017).

Empleos verdes

Uno de los indicadores del avance hacia un crecimiento verde es la creación de empleos verdes (EV), esto es, el número de personas ocupadas en cualquier tipo de actividad económica que protege y beneficia al medio ambiente, o bien, que aprovecha sustentablemente los recursos naturales mediante sus procesos productivos, la producción de bienes finales y acciones de prevención o disminución del daño ambiental (DOF, 2013c). Por medio de la contabilización de los empleos verdes se determina el nivel de avance de los ODS 12, 13, 14 y 15, al vigilar la aplicación de la normatividad que busca preservar el capital natural. Sin embargo, este brinda información sobre el cumplimiento del ODS 8, ya que los empleos verdes coinciden en criterios como el de promover la creación de empleos decentes y enfocados en un desarrollo de la economía que no dañe el medio ambiente.

Además de la protección al medio ambiente y la remediación que los empleos verdes desempeñan en sectores como el minero, de manufactura, residuos y agua, las labores realizadas por el personal en la mayoría de los sectores se traducen, directa e indirectamente, en la reducción de emisiones de GEI. En el caso del sector energía, los empleos cuantificados son aquellos dedicados a la generación eléctrica por medio de fuentes de energía limpia y los cuales constituyen una muestra del cambio en la matriz energética del país y la disminución de la intensidad de carbono por MWh generado.

[34] En México, el manejo basado en derechos se conoce como manejo compartido por cuotas.

Un ejemplo similar es el caso del sector transporte, en el que los empleos verdes incluyen a aquellos asociados con el transporte público masivo, que claramente reduce las emisiones per cápita por transporte mediante el uso más eficiente de combustibles fósiles. En cuanto a los sectores forestal y de agricultura, las prácticas desempeñadas por los trabajadores mantienen e incrementan los sumideros de carbono.

En México los EV han crecido a un ritmo anual de 1.19% en el periodo 2013-2017, el cual resulta armónico pero menor al crecimiento experimentado por los empleos totales en el mismo periodo, que asciende a 1.23% anual (INEGI, 2017) (**Tabla 4.6**). Esta misma dinámica, entre otras, ha generado que la participación de los EV no haya superado 1.54% del total de empleos nacionales.

El indicador considera 14 sectores productivos, los cuales desarrollan una gran diversidad de actividades; sin embargo, para que los EV sean considerados como tales deben proteger el medio ambiente y promover un uso eficiente de los recursos naturales (**Tabla 4.7**).

Tabla 4.6. **Número acumulado de empleos verdes 2013-2017**

Año	2013	2014	2015	2016	2017	Tasa media de crecimiento anual (TMCA, %)
Número de empleos verdes	752,167	776,214	776,214	788,397	798,180	1.19

Fuente: INECC, con datos del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (promarnat) 2013-2018 (DOF 2013c).

Tabla 4.7. **Actividades generadoras de empleos verdes**

Sector	Actividad productiva
Transporte	Ferrocarril, transporte público colectivo urbano, suburbano y foráneo.
Agricultura	Agricultura orgánica.
Forestal	Aprovechamiento maderable y no maderable.
Gobierno	Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia enfocadas en el mejoramiento y la protección del medio ambiente.
Agua	Modernización y tecnificación de distritos y unidades de riego e infraestructura hidroagrícola.
Pesca	Aprovechamiento de pesquerías no sobreexplotadas.
Residuos	Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, y servicios de remediación.
Manufactura	Producción de bienes benéficos para el medio ambiente y protección del medio ambiente durante su producción.
Minería	Protección del medio ambiente durante el aprovechamiento.
Turismo	Avistamiento de ballenas y tiburón ballena, y servicios de hotelería, todos certificados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)
Servicios Educativos	Centros de educación superior certificados por PROFEPA.
Servicios Profesionales	Consultoría, asesoramiento y apoyo técnico en preservación del medio ambiente y servicios de remediación.
Energía	Generación eléctrica con fuentes renovables de energía.
Construcción	Protección al medio ambiente durante la construcción, operación y uso de edificaciones

Los sectores de transporte, forestal, agrícola, gobierno y pesquero contribuyen con casi 85% de los EV totales (**Figura 4.35**). Sin embargo, los sectores de turismo, energía, agrícola, gobierno y servicios profesionales son los que han registrado mayor dinamismo.[35]

Además de aportar cerca de 30% del total de empleos dedicados a la protección ambiental, los sectores gobierno y agrícola presentan dinámicas de crecimiento positivas, debido, principalmente, tanto al crecimiento de la superficie sembrada de cultivos orgánicos (esencialmente el café orgánico) como al número de empleos de los tres órdenes de gobierno relacionados con la regulación y fomento de actividades para mejorar y preservar el medio ambiente, dentro de las actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia, respectivamente.

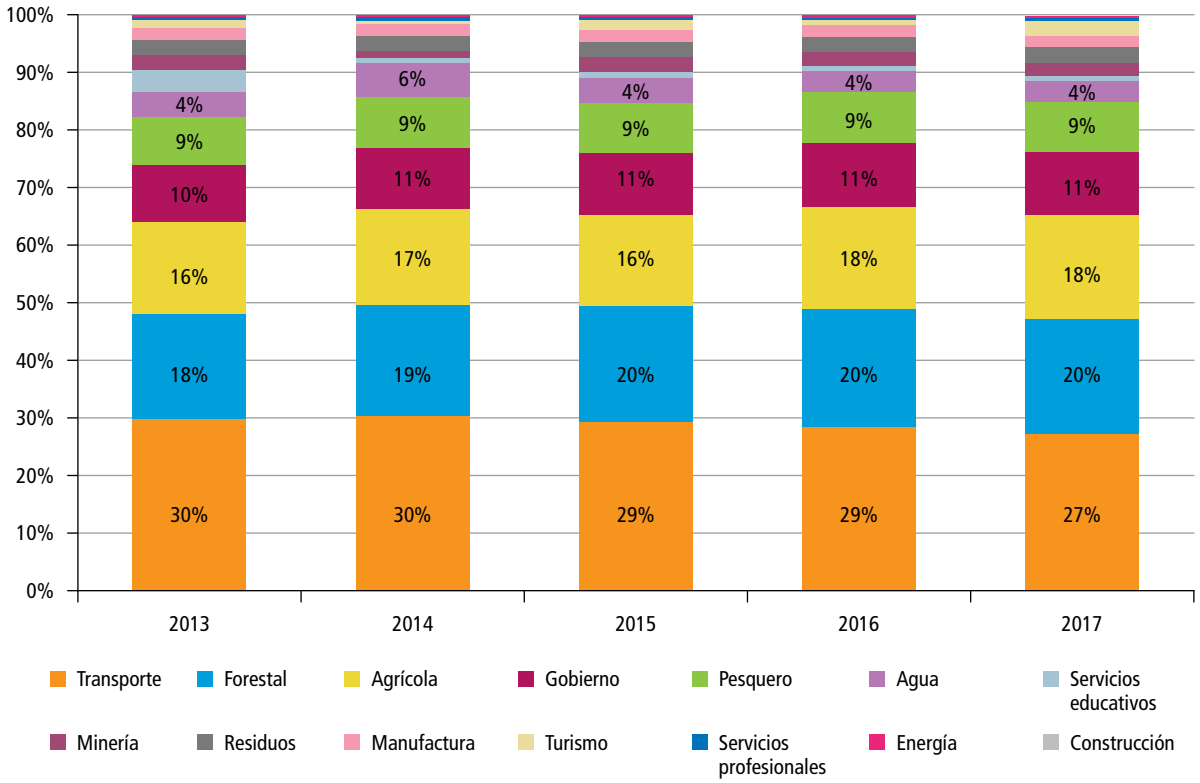
Cabe destacar el caso del sector turismo, el cual ha registrado un aumento en el número de EV, debido a un mayor aprovechamiento de los servicios ecosistémicos marinos por medio de la actividad de observación de ballenas en las costas del país. En el sector energía, el aumento medio anual de 5% en la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables, en el periodo 2013-2017 (SENER, 2017), ha propiciado la creación de mano de obra especializada en la instalación, operación y mantenimiento de las diferentes tecnologías a lo largo de su vida útil.

Contrariamente, los sectores cuyo desempeño en EV ha ido en descenso son: servicios educativos, construcción, minería, agua, manufactura y transporte.[36] Es importante notar que los seis sectores, con excepción de transporte y agua, han observado desempeños decrecientes en sus aportaciones

[35] Con TMCA de 16.6, 4.3, 4, 3.8 y 3.6%, respectivamente.

[36] Con TMCA de -23.5, -3.8, -2.5, -2.3, -1.4 y -0.6%, respectivamente.

Figura 4.35. **Participación porcentual por sector en la generación de empleos verdes**



Fuente: INECC, con información de INEGI 2018d, CONAFOR (2015), PROFEPA (2017), CONAGUA (2017), SEMARNAT (2017), SENER (2017).

al PIB; por ejemplo, el sector minería tuvo pérdidas promedio de 3.5% en el periodo 2013 y 2017 (INEGI, 2016). Es decir, que el desempeño de las actividades productivas de cada sector tiene un efecto negativo en el número de EV que generan; una menor actividad requiere un menor número de trabajadores que vigilen las aplicaciones y el seguimiento de las normas ambientales.

La reducción más significativa se encuentra en el sector servicios educativos, que registró una TMCA de -23.5% en el periodo. Empero, este dato debe tomarse como parcial del sector, toda vez que el indicador de este parámetro únicamente contabiliza los empleos de las escuelas de educación superior del sector privado que cuentan con un certificado de calidad ambiental de la PROFEPA. Hecho que invita a avanzar en la mejora de este indicador en áreas como las del resto de los niveles educativos, así como en el ámbito de la educación pública.

En el caso del sector agua, el descenso observado se atribuye a contracciones presupuestales de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). Con respecto al sector transporte, la disminución de EV se atribuye, principalmente, a una caída —de 43% en 2013 y de 39% en 2017— de la participación del número de empleos en autobuses de transporte colectivo urbano y suburbano en autobuses de ruta fija (camiones, microbuses y camionetas) en el total de EV (INEGI, 2018e).

Sin embargo, esto supone que un número importante de autobuses han sido desplazados por adiciones a sistemas de transporte masivo,[37] como las que representan los autobuses de transito rápido (BRT, por sus siglas en inglés).

De diciembre de 2012 a junio de 2017 se financiaron proyectos de transporte masivo por $6,535 mdp, los cuales detonaron inversiones superiores a los $25,660 millones de pesos.

De los proyectos apoyados, tres líneas se encuentran en operación: 1) el Autobús Rápido Troncal Puebla 2 Cuenca Norte-Sur; 2) el Sistema Integrado de Transporte (SIT) Acapulco-Cd. Renacimiento, y 3) el BRT Pachuca Centro Téllez. Asimismo, diez proyectos se encuentran en construcción: 1) Metro Línea 3 Monterrey; 2) BRT Mexicali Línea Express 1; 3) BRT Tijuana; 4) SIT León; 5) BRT ZM de La Laguna; 6) BRT Oaxaca SIT 1a Etapa; 7) BRT Indios Verdes-Ecatepec; 8) BRT San Luis Potosí; 9) SIT Mérida; y 10) Línea 5 Metrobús CDMX 2ª Etapa (Presidencia de la República, 2017).

En general, de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, la meta para 2018 es de un millón de empleos; esta se planteó considerando condiciones macroeconómicas nacionales e internacionales más favorables a las experimentadas en los últimos años (Gobierno de la Republica, 2016; INEGI, 2018e).

Sin embargo, para alcanzarla, la tasa promedio de crecimiento de los EV debería ser de aproximadamente 7% anual, cifra que difiere significativamente de la tasa observada de 1.19, por lo que será necesario hacer un esfuerzo mayor a fin de generar empleos en actividades productivas que promuevan un uso sustentable de los recursos naturales, robustecer la contabilidad de los mismos y revisar los alcances de la meta. Asimismo, se deberán desarrollar instrumentos de política pública que desvinculen el desempeño económico de la protección y cuidado de los recursos naturales.

[37] A los cuales no se considera parte de los EV, pero que podrían ser incluidos en el indicador del siguiente PROMARNAT.

Instrumentos económicos

Pago por Servicios Ambientales

Desde 2003, en México el principal instrumento económico para la conservación, específicamente de los bosques, es el Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

El programa se creó como una medida de participación voluntaria para fomentar la conservación de los diversos servicios que proveen los ecosistemas, por medio del otorgamiento de incentivos económicos a los dueños de los bosques y terrenos donde se generan estos servicios, a fin de compensar tanto el costo de oportunidad de realizar actividades que dañan los ecosistemas (tal como el cambio de uso de suelo, modos de producción poco sustentables o sin la visión de manejo integrado del territorio) como los gastos por el manejo forestal sustentable (CONAFOR, 2011).

El programa se inició con el esquema descrito y se enfoca en los servicios hidrológicos. Posteriormente diversificó sus modalidades de pago mediante la asignación de incentivos para la conservación de la biodiversidad, los sistemas agroforestales (como el café, el cacao y la palma camedor), la fijación de carbono y el fomento de regeneración natural.

En este esquema, la elegibilidad de los sitios para el programa se basa en el tipo de vegetación, índice de presión económica a la deforestación, zonas con riesgo de desastres naturales, funcionalidad de cuenca, prioridad de conservación de la biodiversidad, presencia de acuíferos sobreexplotados, entre otros. Además, mediante sus reglas de operación, cuenta con elementos de atención especial para la población femenina indígena en condición de marginación.

Actualmente, el esquema opera según tres formas básicas:

- Pago por servicios ambientales con modalidades de hidrológicos y biodiversidad, que incluye los sistemas agroforestales (solo se otorgan apoyos por periodo máximo de cinco años).
- Fondo Patrimonial de Biodiversidad (por medio de un fondo en patrimonio, de largo plazo).
- Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes (por medio de recursos federales y otras aportaciones en convenios que van de uno a cinco años).

Aun cuando se ha promovido que los recursos sean otorgados mediante fondeo de diversas fuentes, estos provienen primordialmente del gobierno federal; sin embargo, la participación en los Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes (MLPSA-FC) ha comenzado a aumentar.

Estos mecanismos conjuntan los recursos financieros y operativos aportados por la CONAFOR con los de los usuarios de servicios ecosistémicos a fin de promover la creación, expansión y fortalecimiento de dichos mecanismos; el objetivo es lograr la participación de instituciones de los tres órdenes de gobierno, organizaciones del sector privado y de la sociedad civil para fortalecer el programa.

Respecto de la ejecución de los PSA en los últimos cinco años, cabe destacar que en 2016 se presentó el mayor número de hectáreas nuevas incorporadas al programa —797,000 hectáreas registradas y un monto de apoyo que ascendió a más de $1,389 mdp—, mientras que, al año siguiente, únicamente se aprobaron un poco más de 339,000 hectáreas nuevas con $565 mdp asignados.

La variación en las hectáreas incluidas cada año con este esquema puede atribuirse principalmente a la disponibilidad de presupuesto de la CONAFOR y, en mínima proporción, a la dificultad de los propietarios para el cumplimiento de los diversos requisitos, entre otras razones.

Como parte del Programa Sectorial de Medio Ambiente 2013-2018, México se propuso la meta de alcanzar una tasa[38] de crecimiento de la superficie

[38] Este indicador del Plan Nacional de Desarrollo mide la variación del incremento de la superficie en hectáreas incorporada a esquemas de pago por servicios ambientales para su conservación, con respecto a la superficie incorporada vigente en el año 2013 (Presidencia de la República, 2017).

conservada por medio del PSA de 10.2% en 2013; es decir, la superficie (en hectáreas acumuladas) incorporada a esquemas de PSA en el periodo 2014-2018 respecto del periodo 2009-2013.

En 2016 se logró una tasa positiva de 5.3% y superó la meta intermedia programada para ese mismo año de 3.8 por ciento. Sin embargo, en 2017 se observó una tasa negativa de -5.9%, en contraste con la meta intermedia programada para el mismo año que era de 4.5%, comportamiento que se debió principalmente a una reducción en el presupuesto asignado al programa (**Figura 4.36**) (Presidencia de la República, 2017).

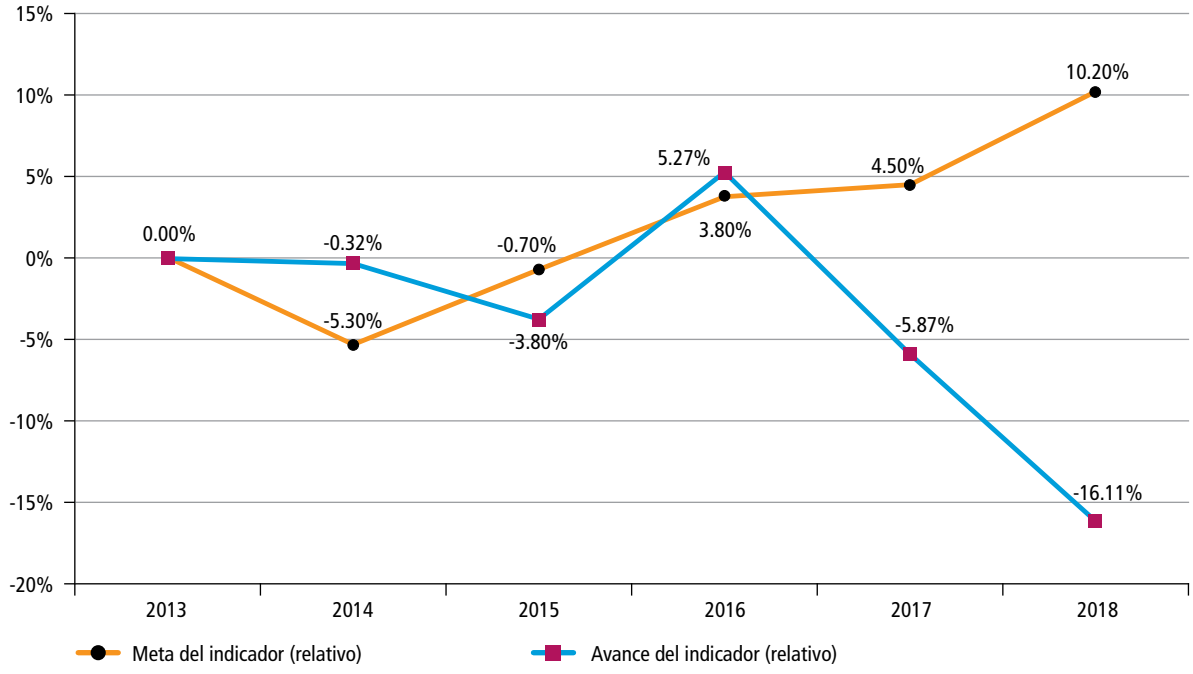
Se estima que con una ampliación presupuestal al programa o con el impulso al instrumento de mecanismos locales por PSA se podrá alcanzar la meta ideal de 10.2 por ciento. En este marco, se han generado acciones como la organización integral de productores, la generación de fondos concurrentes por parte de CONAFOR y las investigaciones realizadas conjuntamente con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El programa representa una función primordial con la finalidad de detener el cambio de uso de suelo en las regiones donde se fomenta y opera la conservación de la cobertura forestal para la provisión de los servicios en áreas críticas de conservación (Chapingo-CONAFOR, 2015).

Además de la conservación de los servicios ecosistémicos en una cantidad cada vez mayor de hectáreas, este instrumento, sometido a evaluaciones de impacto, ha demostrado diversos resultados positivos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Aumento en las actividades de manejo forestal sustentable.
- Diversificación productiva mediante actividades amigables con los ecosistemas.
- Reducción de la tasa de pérdida de cobertura forestal.

Figura 4.36. **Tasa de variación de la superficie conservada mediante el pago por servicios ambientales**



Fuente: elaboración propia con datos de cumplimiento y proyección 2018 (CONAFOR, 2018).

- Fortalecimiento del capital social para la gestión de los ecosistemas forestales.
- Mejora de los ingresos e inversión de las comunidades participantes.

La continuidad de este instrumento presenta retos formidables, tales como la focalización eficiente y efectiva hacia zonas críticas para la intervención del PSA, la incorporación al esquema de todos los usuarios de los servicios y fuentes de financiamiento adicionales, la ampliación del instrumento en áreas naturales adicionales, los procesos de monitoreo y verificación, su apropiada vinculación con la iniciativa nacional ENAREDD+,[39] la vinculación y organización social, entre muchos otros.

Bonos verdes

En 2015-2016, México tomó el liderazgo latinoamericano en el desarrollo de un mercado de bonos verdes por medio de cuatro emisiones en el mercado de deuda nacional e internacional. Estos instrumentos de deuda convencionales se distinguen porque sus recursos han sido destinados a financiar o refinanciar proyectos verdes nuevos y existentes en los rubros de energías renovables, eficiencia energética, agua y residuos.

Este liderazgo refuerza el compromiso de México para cumplir con sus obligaciones internacionales con el fin de hacer frente al cambio climático, transitar hacia una economía baja en carbono e impulsar un desarrollo sustentable.

En noviembre de 2015, Nacional Financiera (NAFIN) colocó el primer bono verde mexicano en el mercado de deuda internacional por $500 mdd a un plazo de 5 años y una tasa de 3.41% para financiar su cartera de fuentes renovables de energía.

Esta emisión fue la primera en su género efectuada por un banco de desarrollo en América Latina; asimismo fue el primer bono verde del continente y el quinto en el mundo en contar con la reconocida certificación internacional de Climate Bond Certification, que otorga la Climate Bonds Initiative (CBI, por sus siglas en inglés).

En el último reporte anual del bono se informó que la emisión ha servido para financiar su portafolio de energía eólica, que acumula una inversión de 417 millones de dólares. Este portafolio está integrado por diez granjas eólicas localizadas en Oaxaca, Baja California, Nuevo León, Zacatecas, Coahuila, Chiapas y Tamaulipas, que en conjunto representan una capacidad total instalada de 1,644MW y una reducción total de 2.52 millones de toneladas de CO_2 por año (NAFIN, 2017).

Asimismo, en septiembre de 2016, NAFIN emitió el primer bono verde en pesos mexicanos listado en este segmento en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). La emisión fue por $2,000 mdp, a un plazo de siete años y una tasa de 6.05%, para destinarse a un parque eólico de 66 MW en Puebla y dos hidroeléctricas de 28.8 MW y 36 MW en Nayarit y Puebla, respectivamente (Sustainalytics, 2016).[40] En conjunto, estos proyectos reducirán 324 tCO_2e al año. Se espera que NAFIN obtenga también la certificación del CBI para esta emisión.

Con ambas emisiones, México colocó a su banca de desarrollo como líder estratégico para cumplir con los objetivos del gobierno federal de lograr que el país transite hacia una economía baja en carbono y promueva un desarrollo sustentable. Con ello marcó también el regreso de NAFIN al mercado de deuda internacional después de 18 años de ausencia.

En el mismo mes, el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (GACM) colocó un bono verde en mercados internacionales por un total de $2,000 mdd en dos plazos,[41] de 10 y 30 años, a una tasa de 4.37% y 5.60%, respectivamente. Los recursos obtenidos se han destinado a la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM). En este marco se financiarán proyectos para neutralizar la huella de carbono, autoabastecer el aeropuerto

[39] CONAFOR (2017). Estrategia Nacional REDD+ 2017-2030, de Comisión Nacional Forestal http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/Estrategia-Nacional-REDD+-2017-2030.pdf

[40] En conjunto, estos tres proyectos tienen una capacidad instalada de 131 MW.

[41] El monto de cada una de las emisiones asciende a 1,000 millones de dólares.

con energía limpia, obtener la certificación Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) platino y oro, ahorrar en el consumo de agua, restaurar áreas degradadas, preservar y proteger hábitats de aves en el área y el saneamiento de ríos en la zona.

De igual forma, en diciembre de 2016, el Gobierno de la Ciudad de México (CDMX) se convirtió en el primer gobierno local del país y de América Latina en emitir un bono verde por $1,000 mdp mexicanos a un plazo de 5 años y una tasa de 6.02% para financiar proyectos verdes en las áreas de transporte sustentable, agua y aguas residuales, así como en eficiencia energética (CBI-MÉXICO2, 2016).

Esta emisión se convirtió en la segunda listada en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), y representa una importante contribución al desarrollo de un mercado de bonos verdes en el país.

Algunos proyectos verdes, ya registrados y avalados, que destacan en la Ciudad de México (CDMX, 2016) son: el refinanciamiento de la línea 5 del Metro; el refinanciamiento de la adquisición de cuatro trenes para la línea del Tren Ligero; el proyecto para recuperar la calidad en la prestación del servicio de transporte de pasajeros del Sistema de Transporte Colectivo (STC); la reposición de ocho pozos de agua potable; la construcción de la planta de bombeo y laguna de regulación en Iztapalapa, y la construcción de la planta potabilizadora Selene en la Delegación Tláhuac, entre otros (**Tabla 4.8**).

Es previsible que en el futuro se logre consolidar un mercado de bonos verdes en México, dada la buena respuesta que hubo por parte de los inversionistas ante las colocaciones realizadas y la demanda de proyectos para mitigar los efectos del cambio climático, que, es de esperar, contribuyan a cumplir con los compromisos adquiridos por el país en el Acuerdo de Paris.

También cabe observar que el mercado mundial de bonos verdes tiene apenas 10 años de existencia y que, aun cuando en México es un mercado naciente, en 2016, por ejemplo, México contó con 27% de los recursos emitidos por bonos verdes en Latinoamérica y con 1% en el contexto internacional (Climate Bonds Initiative, 2016).

Certificados de energía limpia (CEL)

Los Certificados de Energía Limpia (CEL),[42] junto con las subastas eléctricas, son los principales instrumentos disponibles en México para fomentar el uso de fuentes limpias de energía. Estos instrumentos buscan internalizar en las finanzas de los usuarios de agentes contaminantes el alto costo social por utilizar combustibles convencionales en el sector eléctrico, típicamente combustóleo y carbón. Los costos adicionales en que incurren por utilizar fuentes limpias[43] se cubren mediante la compra de CEL

[42] Un CEL es un título que acredita la producción de un megavatio-hora de energía eléctrica proveniente de energías limpias. Los generadores recibirán un CEL por cada megavatio-hora de energía limpia generado para vender en el mercado.

[43] Entre las energías limpias se encuentran el viento, la radiación solar, la energía oceánica, el calor de los yacimientos geotérmicos, los bioenergéticos, y otros, de acuerdo con el artículo 3, fracción XXII, de la Ley de la Industria Eléctrica (2014).

Tabla 4.8. Emisiones de bonos verdes en México

Emisión	Monto	Plazo	Tasa	Uso de los recursos
NAFIN (5 de noviembre de 2015)	$500 mdd*	5 años	3.41%	Energía eólica.
NAFIN (1 de septiembre de 2016)	$2,000 mdp	7 años	6.05%	Energía eólica, pequeñas hidroeléctricas.
CDMX (7 de diciembre de 2016)	$1,000 mdp	5 años	6.02%	Transporte limpio, agua, desechos y eficiencia energética.

* Dólares estadounidenses.
Fuente: CBI-MEXICO2, 2016.

por parte de los productores de energía a partir de fuentes fósiles.[44]

Todos los consumidores deben pagar por este costo adicional; sin embargo, los grandes consumidores pagan directamente mediante la compra de CEL, mientras que los pequeños y medianos consumidores pagan a través de un sobreprecio trasladado por un suministrador.

De igual forma, a los grandes consumidores de electricidad, es decir, los llamados usuarios calificados, suministradores y demás participantes, se les obliga a que un porcentaje de la energía eléctrica que consumen provenga de fuentes limpias. Para comprobar que están consumiendo este porcentaje, deben adquirir CEL por el monto requerido.[45]

En este sentido, cabe mencionar que la electricidad es la segunda fuente de energía de mayor consumo en México, con una participación de 17.6% del consumo energético nacional, y representa 33.4% del consumo de energía en la industria (SENER, 2018).

En 2016, el sector industrial concentró el mayor porcentaje en las ventas de energía eléctrica; la suma del consumo por parte de las empresas medianas y la gran industria (ambas clasificaciones pertenecientes a este sector) representó 57% del total (SENER, 2018).

Entre los beneficios derivados de los CEL se encuentra la promoción de nuevas inversiones en energías limpias y la transformación de las metas nacionales de generación limpia de electricidad en obligaciones individuales, de forma eficaz y al menor costo para el país (DOF, 2017). En 2014, por ejemplo, 26% de la generación eléctrica por autoabastecimiento fue generación limpia (SENER, 2015). Otro beneficio de los CEL es que conllevan el aumento de la competencia en la venta de energía eléctrica, lo que hará a México un país innovador, más independiente energéticamente y más competitivo (SISTEMAECO, 2017); además, al propiciar el uso de fuentes más limpias de energía posibilitan la disminución de emisiones de GEI y favorecen la descarbonización de la economía.

En 2017, la Secretaría de Energía (SENER) determinó las obligaciones de adquisición de CEL en 2020, 2021 y 2022, de 7.4, 10.9, y 13.9%, respectivamente (SENER, 2017b); así, de 2015 a 2017 se han realizado tres subastas eléctricas de largo plazo, y se planea realizar por lo menos otra en 2018. Uno de los objetivos de estos instrumentos es incorporar fuentes limpias de energía al sistema eléctrico mexicano.

Finalmente, 19 estados de la república se beneficiarán con el desarrollo de casi 7,500 MW de nueva capacidad de generación limpia de energía y cerca de $9,000 mdd invertidos, con el objetivo de cumplir la meta nacional de alcanzar, en 2024, 35% de generación con fuentes limpias de energía. Los proyectos se asignaron a más de 40 empresas de distintos países.

Mercado de carbono mexicano

La transición hacia una economía baja en carbono, congruente con el combate al cambio climático, requiere que las decisiones de consumo y producción tomen en cuenta sus costos sociales y ambientales. Mediante políticas públicas adecuadas, el precio asignado al carbono contribuye a redistribuir la carga económica por contaminar hacia los responsables de la emisión de CO_2. Por ejemplo, la asignación de un precio al carbono permite incorporar las externalidades negativas al precio de la energía, es decir, internalizar los costos ocasionados por la emisión de CO_2 a la atmósfera durante el proceso de generación.

Este precio capta los costos externos de las emisiones de carbono, es decir, los costos que el público paga indirectamente, como con daños a su salud y las sequías, entre otros. Se busca atar estos daños a sus fuentes de emisión mediante la asignación de un

[44] De conformidad con los lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de CEL y los requisitos para su adquisición, los CEL podrán ser objeto de compra-venta por parte de las personas que así lo deseen en transacciones bilaterales, siempre y cuando se cumplan los requisitos de monitoreo, reporte y verificación establecidos por la Comisión Reguladora de Energía para validar la titularidad de los CEL.

[45] En las Bases de Mercado emitidas por la Secretaría de Energía se establecen los lineamientos bajo los cuales operará el mercado de CEL.

precio al carbono. Hay dos tipos principales de fijación del precio del carbono: los impuestos sobre el carbono y el régimen de comercio de derechos de emisión (ETS, por sus siglas en inglés).

Con la firma del Acuerdo de París, México se comprometió a considerar los instrumentos de mercado, entre los que destaca la creación de un mercado de carbono, como parte de su estrategia para alcanzar sus metas de mitigación.[46]

Desde 2012 se han desarrollado diversos instrumentos, leyes y acciones relacionados con el establecimiento de un mercado de carbono en México. Entre ellos, el Registro Nacional de Emisiones (RENE), que constituye un requisito esencial para la contabilización de las mismas por parte de los sujetos obligados. Asimismo, destacan los esfuerzos para la integración con mercados internacionales (**Figura 4.37**).

De especial relevancia es el ejercicio de simulación de un mercado de carbono que la Bolsa Mexicana de Valores, mediante la Plataforma Mexicana de Carbono (MÉXICO$_2$), lanzó en noviembre de 2016 y que se puso en marcha en 2017. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) impulsó este ejercicio, en colaboración con MÉXICO$_2$ y la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ).

El ejercicio consta de 4 fases: *1)* capacitación; *2)* apertura del mercado primario y secundario (primera subasta y operación *spot); 3)* mercado primario y secundario (penalidades, *cap*[47] y reserva de mercado); *4)* mercado primario y secundario (penalidades, *cap* y *benchmark).*

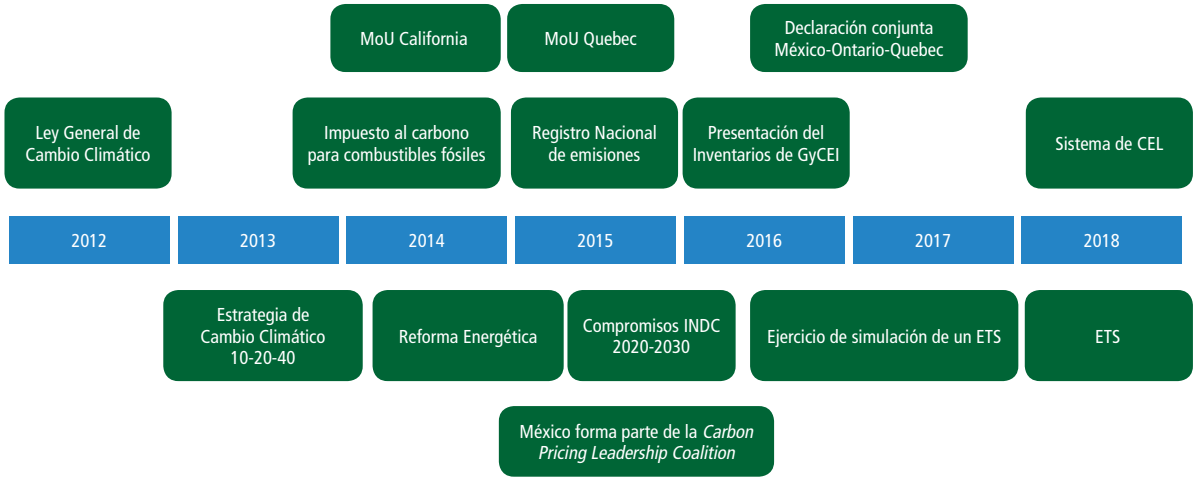
Las empresas que participan en el ejercicio deben cumplir, al menos, con uno de los siguientes criterios (SEMARNAT, MÉXICO2, 2017):

- Pertenecer a alguna de las siguientes ramas productivas: aviación, generación de energía eléctrica, refinerías, acero, cemento, cal, vidrio, ladrillos, cerámica, papel, celulosa, industrias química y petroquímica.
- Emitir más de 25,000 tCO_2e anuales.
- Participar en algún sistema de comercio de emisiones de carácter internacional.

[46] El artículo 6 del Acuerdo de París menciona los elementos con el fin de instrumentar las contribuciones nacionales determinadas; en específico, los mercados de carbono considerados con un enfoque cooperativo.

[47] El término *cap* se refiere a límite de emisiones.

Figura 4.37. Políticas, acciones e instrumentos relacionados con el establecimiento de un mercado de emisiones



MOU: Memorandum of Understanding (Memorándum de Entendimiento).
CEL: Certificado de Energía Limpia.
ETS: Emissions Trading Scheme Mercado de emisiones o carbono.
Fuente: INECC, elaboración propia.

El objetivo es familiarizar y sensibilizar a los participantes potenciales respecto del funcionamiento y la importancia de un mercado de carbono y, sobre todo, apoyar a las empresas para el cumplimiento de las metas de mitigación.

A la fecha, más de 90 empresas han confirmado su participación.[48] El ejercicio se realiza a través de la plataforma electrónica CarbonSim, a la que se sumarán empresas de los sectores eléctrico, acero, cemento y cal, vidrio y cerámica, papel y celulosa, refinación, química y petroquímica, aviación y bienes de consumo.

Desde 2013, México opera el mercado voluntario de carbono, el cual permite a las empresas convertir sus servicios y productos en carbono neutral o anular su impacto ambiental. Algunas empresas que ya participan son: General Motors, Danone, Aeroméxico y Microsoft (Lacy, 2017).

En total, las empresas inscritas en un ejercicio de simulacro de mercado emiten 67% del total de emisiones nacionales (MÉXICO$_2$). El ejercicio tuvo una duración de nueve meses con la finalidad de fortalecer capacidades y establecer las condiciones de operación de un mercado de emisiones obligatorio, pues se espera lanzarlo en 2018 ya con las reglas establecidas y, en 2019, iniciar su primera fase.

Se vislumbra que en 2020 el mercado estará totalmente regulado y en funciones. Además, se espera que 450 empresas participen en el mercado regulado, el cual se calcula que podría alcanzar un valor de entre 600 y $1,000 mdd (Lacy, 2017). El precio por bono de carbono se fijará en función de la oferta y la demanda del mercado.

Otras empresas que han realizado acciones de compra-venta de bonos de carbono son: Manpower Group, Farmacéutica Chinoin, CEMEX, Palsgaard, Grupo Herdez, Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma Heineken México, Inventec Performace Chemicals México, Feria de Pueblos Mágicos, Fundación Televisa y Tianguis Turístico de México.

El mercado de carbono mexicano será el primero de su tipo en América Latina y hacia la segunda mitad de 2018 se actualizarán las bases para arrancarlo formalmente, además de que se publicarán las reglas y se llevará cabo una actualización del RENE. El Banco Mundial reconoció el simulacro del mercado de carbono mexicano con miras a tener un mercado verdadero con las mejores prácticas en los próximos años.

Otras medidas tomadas por el gobierno de México han sido la eliminación de subsidios a combustibles fósiles, el establecimiento de un impuesto a las emisiones de carbono, la creación de subastas de energía eléctrica y certificados de energías limpias (SEMARNAT, 2018)

Impuestos ambientales

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), México tiene los menores ingresos por concepto de impuestos ambientales entre los países miembros, con apenas 0.06% del PIB en 2014 (OCDE, 2017). A pesar de que se trata de ingresos considerables en el ámbito nacional, esta cantidad aún resulta ser muy pequeña frente a un alto potencial.

El Impuesto a los Combustibles Fósiles (ICF) se determinó como un monto fijo proporcional a las toneladas de CO_2 emitidas por la combustión de un carburante de este tipo.[49] Hasta 2017, la ley no señalaba que los recursos recaudados pudieran etiquetarse para propósitos ambientales y de cambio climático (Gastelum, *et al.*, 2015)(Gastelum y otros, 2015).

El Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) se incluyó en la reforma fiscal de 2014. Con respecto a la fracción del impuesto que grava las emisiones de carbono, cada combustible fósil cuenta con una tasa impositiva diferente de acuerdo con la cantidad de CO_2 que emite durante su combustión.

[48] Idealmente, los participantes deben cumplir alguno de los siguientes tres criterios: *a)* contar con instalaciones que emitan más de 25,000 toneladas de CO_2e al año; *b)* pertenecer a alguno de los siguientes sectores: generación eléctrica, cemento y cal, vidrio, ladrillos y cerámica, papel y celulosa, hierro y acero, refinación, químico y petroquímico y aviación, o *c)* participar en un sistema de comercio de emisiones en otra jurisdicción.

[49] Es decir, cuando es utilizado como combustible, y no cuando es utilizado como un insumo para la transformación.

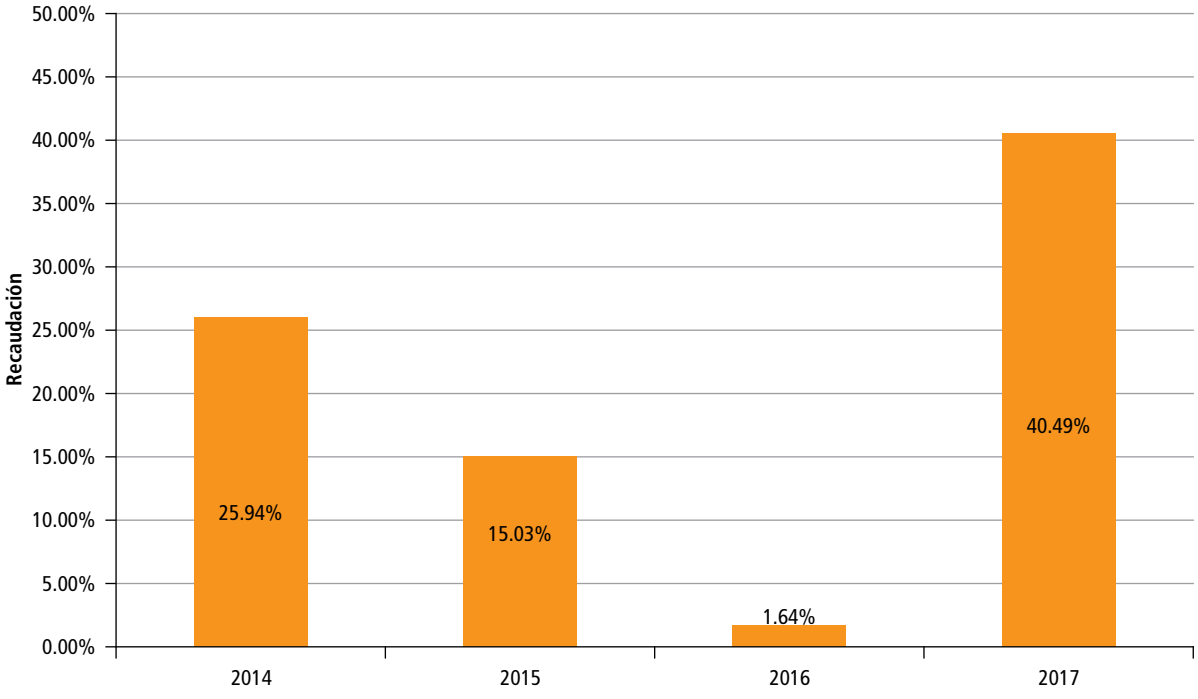
En el primer año se recaudaron $9,670 mdp de los $14,642 mdp que se esperaba recaudar para ese mismo año, de acuerdo con la Ley de Ingresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal de 2014. En 2015, los ingresos por este concepto fueron menores que los recaudados en 2014, es decir, 0.11 puntos porcentuales menos que la proporción de la recaudación total del año anterior. La recaudación esperada para ese mismo año fue de $9,872 millones de pesos. En 2016 se registró la recaudación más baja; sin embargo, la mayor cantidad de ingresos registrada por este gravamen se alcanzó en 2017, con 54% más de lo que se esperaba recaudar ese mismo año. Finalmente, para 2018 se estima una recaudación de $8,763 mdp (DOF, 2017a) (**Figura 4.38**).

El crecimiento en la recaudación registrada en el último año se debe, principalmente, al aumento en el consumo de gasolina y al progresivo incremento de sus precios. El aumento en el consumo de diésel también podría incrementar la recaudación, al igual que la reciente inversión en el sector energético mediante las rondas[50] realizadas por el gobierno.

En 2017, este impuesto indica un valor de $43.77 pesos por tonelada de carbono (MÉXICO$_2$, 2016), de acuerdo con el contenido de este gas para cada combustible, según el IPCC. El combustible que más recauda por concepto de este impuesto es la gasolina, seguida del diésel, el gas LP y el combustóleo. De acuerdo con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), este gravamen induce la adopción de fuentes limpias en la producción de bienes y servicios, y desincentiva las emisiones de GEI.

[50] Se refiere a los mecanismos de diversificación y apertura de mercados en el sector energético, luego de la reforma constitucional realizada en diciembre de 2013, que permitió a compañías privadas invertir en esta industria *(Oil and Gas Magazine,* 2017)(Oil and gas magazine, 2017).

Figura 4.38. Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (Carbono) como porcentaje de la recaudación total



Fuente: elaboración propia con información de SHCP.

Ciudades sustentables

México avanzó en la concepción e inclusión del concepto de "ciudades sustentables" en diversas políticas; entre estas se encuentra la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la cual establece como línea de acción "transitar a modelos de ciudades sustentables", y, en 2015, la Nueva Agenda Urbana (NAU). Las ciudades tienen una capacidad notable para enfrentar los desafíos del cambio climático. Actualmente, el país se encuentra en la etapa de estudio de los diversos factores y dimensiones que determinan la contribución de las ciudades al cambio climático (agua, aire, uso de suelo y forma urbana, actividades económicas e industria, edificaciones, energía, movilidad, residuos sólidos urbanos, entre otros) y los impactos en estas. Asimismo, se encuentra en proceso el desarrollo de la métrica y construcción de indicadores para evaluar la sustentabilidad de las ciudades.

Sin embargo, la transición, en México, hacia ciudades sustentables bajas en carbono requiere la adopción y plena ejecución de medidas de mitigación y adaptación para combatir el cambio climático en las ciudades. Las decisiones que se toman hoy sobre infraestructura urbana determinan el impacto del cambio climático, la capacidad para reducir las emisiones y la adaptación a los cambios en el entorno.

Las inversiones en infraestructura baja en carbono y resiliente al clima representan múltiples beneficios porque tiene bajos costos incrementales y proporciona múltiples beneficios locales; por ejemplo, los proyectos de transporte urbano sustentable pueden reducir al mismo tiempo la congestión del tráfico, la contaminación del aire en las localidades y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las decisiones en materia de infraestructura son de particular relevancia para las zonas metropolitanas del país que concentran 500,000 o más habitantes. Si bien estas ocupan solo 0.5% del territorio continental, representan 52% de la población nacional y generan, aproximadamente, la mitad de las emisiones nacionales de dióxido de carbono.

Para contar con ciudades más sustentables y bajas en carbono, se requiere avanzar también en la ejecución de medidas que apoyen la CND de México, el fortalecimiento de las capacidades y alianzas en los diferentes sectores y órdenes de gobierno, y la identificación de fuentes de financiamiento.

Contribución de las ciudades al cambio climático

Durante la segunda mitad del siglo XX, México tuvo un cambio drástico en la composición de su población urbana, similar a la media regional. En 1900, aproximadamente 70% de la población habitaba en asentamientos rurales; de 1950 a 1990 experimentó un explosivo crecimiento urbano, y, actualmente, cerca de 80% de la población habita en localidades urbanas (INEGI, 1994; INEGI, 2011).

Si bien no existe una sola definición del concepto de *ciudad,* para el estudio de las ciudades del país la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO) publicaron, en 2012, el catálogo llamado Sistema Urbano Nacional (SUN). El SUN estableció criterios específicos de población, delimitación,[51] y ubicación de las ciudades mexicanas de 15,000 o más habitantes.

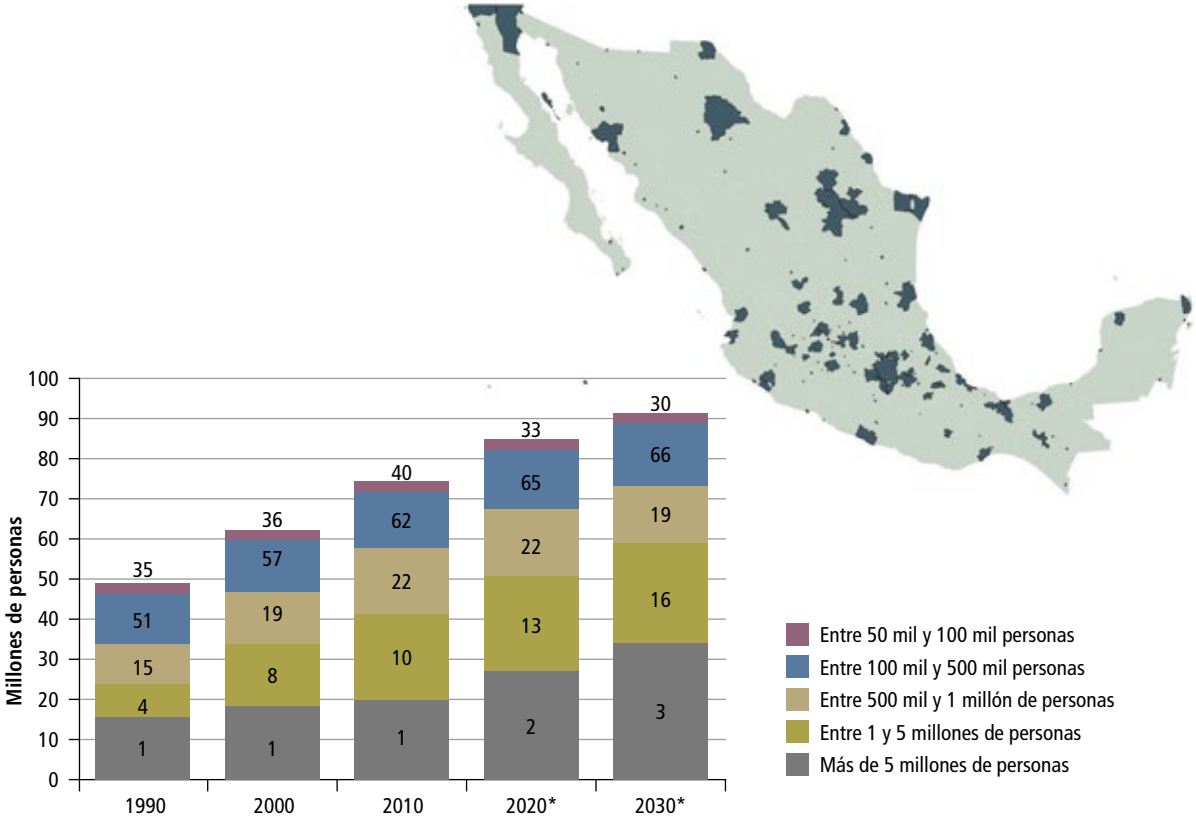
Según los datos censales del año 2010, en las 384 ciudades habitan más de 81 millones de perso-

[51] De acuerdo con el SUN, existen tres tipos de ciudades: zonas metropolitanas, conurbaciones y centros urbanos: una zona metropolitana consiste en una agrupación de municipios completos que se encuentran interrelacionados funcionalmente; una conurbación surge de la contigüidad entre varias localidades; y un centro urbano es una sola localidad con más de 15,000 habitantes. Esta tipología de las ciudades ofrece las bases para el estudio de las mismas al tomar en cuenta que el territorio que ocupan rebasa, en muchas ocasiones, los límites administrativos de los municipios y estados. De ahí la relevancia de promover proyectos de sustentabilidad para las ciudades en los que participen tomadores de decisiones de todos los órdenes de gobierno, una vez admitido que los fenómenos urbanos, ambientales y de cambio climático trascienden la esfera política.

nas, mismas que representaron, en ese año, más de 72% de la población nacional (SEDESOL y CONAPO, 2012). A su vez, el Subsistema Principal del SUN se integró por las 135 ciudades de 50,000 o más habitantes, en las cuales habita 92% de la población urbana y 66% de la población nacional (**Figura 4.39**).

En este contexto, las ciudades no sustentables generan nuevas desventajas a su ciudadanía, como: mala calidad del aire y su impacto en la salud humana, congestionamiento vial, inseguridad, costo de vida relativamente alto, sobreexplotación de los ecosistemas, efecto de isla de calor,[52] esca-

Figura 4.39. **Subsistema principal del sistema urbano nacional (SUN)**



Número de ciudades y población por tamaño de ciudad. Subsistema principal del sistema urbano nacional: 135 ciudades con 50,000 o más habitantes.
Gráfico inferior: Proyecciones de población.
Los valores en columnas indican el número de ciudades en cada rango de población y año.
Fuente: INECC, con datos del Marco Geoestadístico Nacional 2010 del INEGI y SEDESOL-CONAPO.

[52] El efecto de isla de calor o islas térmicas urbanas es la tendencia de las ciudades a retener calor (calentamiento relativo) en comparación con zonas rurales circundantes. Este efecto es de particular importancia en las ciudades, ya que está asociado con la expansión urbana, la pérdida de la cubierta vegetal reemplazada por cubierta artificial e impermeable, y el agotamiento de los mantos freáticos. Tiene impacto directo en la calidad del aire, el microclima urbano y la sensación térmica, y resultan en un aumento en la demanda de energía (para climatización y enfriamiento) y agua (recurso bajo estrés por el efecto mismo), así como en la salud humana (Delgado Ramos, de Luca Zuria, Vázquez Zentella, & De Diego Correa, 2015). Se prevé que el efecto provoque, en promedio, un incremento máximo de 4.7°C en ciudades mexicanas con un millón de habitantes o más (Delgado Ramos, de Luca Zuria, Vázquez Zentella, & De Diego Correa, 2015).

sez de agua, lluvias extremas, entre otras. Así, los efectos de la urbanización, la contaminación del aire y el cambio climático convergen de modo peligroso.

Aunque representan un porcentaje insignificante de la superficie del país (0.73%),[53] en las ciudades de 50,000 mil o más habitantes habita aproximadamente 67% de la población nacional y son las principales contribuyentes al cambio climático. En 2015, solo las zonas metropolitanas de México representaron 63% de la población nacional y concentraron más de tres cuartas partes de la producción bruta total y del personal ocupado (INEGI, 2014; SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018).

La concentración de población y actividades económicas en las zonas metropolitanas se relacionó directamente con los problemas ambientales que enfrentó la sociedad. En la **Tabla 4.9** se presenta, de manera indicativa, una estimación de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) correspondientes a 32 áreas metropolitanas (áreas urbanas funcionales de 500,000 habitantes o más) de México de acuerdo con datos obtenidos de la OECD.

Tabla 4.9. Emisiones de CO_2 de 32 áreas metropolitanas en México (2015)

Rango (número de habitantes)	Número de ciudades	Población (miles de habitantes)	Emisiones de CO_2 (Mt/año)
Más de 6 millones	1	20,915	78.63
Entre 2 y 6 millones	4	14,945	53.76
Entre 1 y 2 millones	10	14,041	34.24
Entre 750,000 y 1 millón	14	12,465	54.79
Entre 500,000 y 750,000	3	2,023	3.08
Total	32	64,389	225

Fuente: INECC, con datos de OECD (2016).

[53] De acuerdo con la superficie de las áreas geoestadísticas básicas urbanas que conforman las ciudades (zonas metropolitanas, conurbaciones y centros urbanos) de 50,000 o más habitantes.

Sin embargo, la contabilidad desagregada de las emisiones urbanas ofrece un panorama diferente. Las tres principales zonas metropolitanas representaron aproximadamente 25% de la población nacional, pero aproximadamente 15% de las emisiones de GEI (**Tabla 4.10**) (Delgado Ramos, De Luca Zuria, Vázquez Zentella, y De Diego Correa, 2015).

Tabla 4.10. Emisiones de gei de las principales Zonas Metropolitanas en México a partir de ejercicios de contabilidad desagregada

Zona Metropolitana	Emisiones de GEI (Mt/año)
Valle de México	49.50[a]
Guadalajara	4.83[a]
Monterrey	30.95[b]

[a] Año de estimación: 2012.
[b] Año de estimación: 2015.
Fuente: Delgado Ramos, De Luca Zuria, Vázquez Zentella, y De Diego Correa (2015).

De acuerdo con los datos de la OECD (2016), se estima que las principales 32 áreas metropolitanas, las cuales representaron 52% de la población nacional, contribuyeron con 41% de las emisiones nacionales de dióxido de carbono; principalmente por la demanda de energía eléctrica, transporte, industria, sector residencial y residuos.

De estas 32 ciudades, las zonas metropolitanas más pobladas (Valle de México, Guadalajara y Monterrey) contribuyeron con, aproximadamente, 53% de las emisiones de CO_2 y hasta 22% de las emisiones nacionales.

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta es que existen territorios y poblaciones con mayor vulnerabilidad ante el cambio climático, situación que empeora con la rápida expansión urbana (SEMARNAT e INECC, 2012). Para identificar los municipios más vulnerables al cambio climático, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático desarrolló el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, el cual podrá utilizarse en un futuro para centros urbanos.

En México, las ciudades tienen un efecto polarizador al concentrar la riqueza y la pobreza, así como las actividades productivas y, por tanto, las oportunidades económicas, sociales y políticas.

Ciudades sustentables en programas de mitigación

El concepto de *ciudad sustentable* puede entenderse como un espacio que permite a su ciudadanía satisfacer sus propias necesidades y mejorar su bienestar sin dañar el entorno natural ni poner en peligro las condiciones de vida de otras personas, tanto en el presente como en el futuro (Girardet, 2001). Una ciudad sustentable debe incluir, entre sus grandes objetivos, minimizar el uso de recursos no renovables y lograr el aprovechamiento sustentable de recursos renovables (UN-Habitat, 2009).

En México, dicho concepto se incluyó como eje temático en programas de mitigación; por ejemplo, para el análisis de acciones que contribuyen a la sustentabilidad del país y la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

En 2012, en la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se enfatizó la importancia de las ciudades sustentables para el combate al cambio climático, la necesidad urgente de más y mejor planeación urbana, y la vulnerabilidad de las ciudades (SEMARNAT e INECC, 2012).

En el documento intitulado "Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México" (LEDS, por sus siglas en inglés) se establecen tres ejes temáticos para la estrategia: *1)* energía, *2)* ciudades sustentables y *3)* uso de la tierra; en específico, los componentes de desarrollo urbano, infraestructura de transporte y movilidad, y gestión integral de residuos.

Para abordar la problemática ambiental de las ciudades, a partir de 2012 se emprendieron en el país diversas iniciativas, tanto en el ámbito público como en el privado, con el fin de procurar que las ciudades se conviertan en espacios urbanos más sustentables (**Tabla 4.11**).

A partir de estas iniciativas se lograron avances en diversos elementos de la gestión de las ciudades con un enfoque de sustentabilidad y de combate al cambio climático. Sin embargo, las actividades industriales, el consumo de energía, las actividades socioculturales y los patrones de consumo, el manejo de sistemas hídricos y de residuos, el transporte, entre otras actividades productivas y no productivas, interactúan para determinar la calidad del espacio urbano; tal es el caso de la calidad del aire, que se colocó como prioridad para el gobierno federal, debido a los efectos nocivos que la contaminación atmosférica tiene en la salud de la población urbana.

Debido a las altas tasas de urbanización y concentración de la población en las ciudades, los impactos del cambio climático en la infraestructura social, particularmente la salud humana, cobraron gran relevancia.

En el futuro, la salud de la población urbana estará expuesta a daños directos (por ejemplo, fisiológicos, desnutrición, deshidratación y golpes de calor) y daños indirectos (alérgenos, enfermedades respiratorias, enfermedades transmitidas por agua y vectores, y aumento en la contaminación del agua y el aire), debido al incremento en lluvia, temperatura, inundaciones y tormentas (Smith *et al*, 2014). En este sentido, las acciones y medidas que se tomen en las ciudades y regiones urbanas permitirán incrementar las capacidades de los sistemas de salud y la adaptación de las ciudades.

En las últimas décadas, la megalópolis central de México se reconfiguró y expandió sus actividades productivas hacia las zonas periurbanas, lo que ocasionó flujos continuos y semicontinuos, los primeros relacionados con la movilidad de los habitantes de y hacia sus centros de trabajo y los segundos con el movimiento de bienes (SEMARNAT e INECC, 2017).

Estos flujos ocasionaron un incremento en la emisión de contaminantes (**Tabla 4.12**), los cuales agravan la salud de la población e inciden en la calidad de vida de la sociedad. Esta situación cobró mayor relevancia en el primer semestre de 2016, cuando en la zona metropolitana del Valle de México se registró una alta concentración de contaminantes atmosféricos.

De acuerdo con los datos disponibles más recientes de la calidad del aire de la megalópolis, en general no se cumple con los límites de protección de la salud para el ozono (O_3) y las partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM_{10} y $PM_{2.5}$, respectivamente) y en una zona particular para el dióxido de azufre (SO_2) (SEMARNAT e INECC, 2017). El transporte de masas de aire en las diferentes cuencas atmosféricas de la región agravó este problema.

Tabla 4.11. Iniciativas destacadas en materia de sustentabilidad en ciudades mexicanas

Iniciativa	Organismo	Descripción
Red de Ciudades Sustentables	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)	En el marco de la 21ª Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, celebrada en París, Francia en 2015, la SEDATU desplegó una estrategia de tres redes: la Red de Ciudades Sustentables, la Red de Ciudades Resilientes y la Red de Ciudades Seguras. En específico, la Red de Ciudades Sustentables estableció un marco de actuación según cinco líneas de acción: gestión ambiental y urbana; planeación integral y gestión eficiente; vivienda sustentable; consolidación urbana, y espacios públicos. Actualmente se cuenta con una red de ocho ciudades: Tijuana, Baja California; Nuevo Laredo, Tamaulipas; Huamantla, Tlaxcala; Isla Cozumel, Quintana Roo; Campeche, Campeche; Tehuacán, Puebla, y Jiutepec, Morelos. Para cuatro de estas se desarrollaron planes de acción puntuales.
Red de Ciudades Resilientes	SEDATU, Secretaría de Gobernación (SEGOB), ONU-Hábitat	La SEDATU, en colaboración con ONU-Hábitat, estableció la Red de Ciudades Resilientes para "apoyar a los gobiernos locales a desarrollar capacidades en resistencia, adaptación y recuperación, de manera eficiente, ante los impactos [causados por] desastres naturales, económicos o sociales" (ONU-Hábitat, 2017). Está conformada por las ciudades de Ensenada, La Paz, del Carmen, Tapachula de Córdoba, Ciudad Juárez, Saltillo, Manzanillo, Victoria de Durango, Aculco, León de Aldama, Acapulco, Puerto Vallarta, Guadalajara, Tepic, Monterrey, Atlixco, Playa del Carmen y Mazatlán.
Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables	Banamex, Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) y Centro Mario Molina (CMM)	El Índice de Ciudades Competitivas y Sustentables, integrado por Banamex en 2015, combinó 15 subíndices, de los cuales nueve hicieron referencia a aspectos de competitividad y conforman el Índice de Competitividad Urbana (ICU) del IMCO; los seis restantes hicieron referencia a aspectos ambientales y conforman el Índice de Desempeño Ambiental (IDA) del CMM. La construcción del índice se apoyó en una matriz con más de 120 indicadores y se evaluó un conjunto de 78 ciudades, integrado por las 59 zonas metropolitanas, las capitales de las entidades federativas no incluidas en las zonas metropolitanas, y todos los municipios cuya actividad económica está dentro de 90% de la generación del Producto Interno Bruto nacional.
Proyecto de Eficiencia y Sustentabilidad Energética en Municipios (PRESEM)	Banco Mundial y Secretaría de Energía (SENER)	El Banco Mundial, en colaboración con la SENER, puso en marcha, en 2016 y para finalizarse en 2021, el proyecto con dos componentes: el primero, enfocado en el desarrollo de políticas y el fortalecimiento institucional; el segundo, enfocado en inversiones en eficiencia energética municipal. El Banco Mundial otorgó un préstamo total de $100 mdd para promover el uso eficiente de energía, principalmente para el alumbrado público y suministro y servicios de agua en 32 municipios, uno de cada una de las entidades federativas.

Tabla 4.11. **(Continuación)**

Iniciativa	Organismo	Descripción
Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN)	Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y Embajada Británica en México	Esta iniciativa fue impulsada por el ICLEI (por sus siglas en inglés) durante el periodo 2011-2015. El INECC contribuyó con asistencia técnica, y el financiamiento lo proporcionó la Embajada Británica en México. El principal objetivo fue impulsar a los gobiernos municipales a establecer políticas públicas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y lograr, de esta manera, que los municipios se sumen a las acciones nacionales para enfrentar los efectos del cambio climático. El proyecto piloto se realizó en 76 municipios y consistió, en primera instancia, en el diagnóstico de los municipios respecto de su contribución de emisiones de GEI y vulnerabilidad y, posteriormente, en la elaboración de propuestas de estrategias de mitigación y medidas de adaptación.
Lineamientos hacia la Sustentabilidad Urbana	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Publicados en 2014, los lineamientos establecieron la base medular de un nuevo modelo urbano sustentable. Estos lineamientos parten de dos premisas fundamentales para fomentar un nuevo modelo de ciudades eficientes, prosperas, incluyentes, resilientes y vinculadas con los sistemas y procesos ecológicos: un cambio de paradigma respecto de la ciudad y su entorno y la adopción de un enfoque integral y dinámico aplicado a la ciudad. Los lineamientos se estructuraron según cuatros temáticas: *i)* entorno natural y construido; *ii)* movilidad; *iii)* producción y consumo, y *iv)* sociodemográfico. A partir de estas temáticas se establecieron 26 elementos o lineamientos fundamentales e interrelaciones.
Programa de Gestión Ambiental, Urbana e Industrial (PGAUI)	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), SEMARNAT, SEDATU y Secretaría de Turismo (SECTUR)	La GIZ, en coordinación con SEMARNAT, SEDATU y SECTUR, desplegó dos ediciones del programa: el primero (PGAUI-I), de 2010 a 2013, se centró en la generación de capacidades de gestión y reciclamiento de residuos, y el segundo (PGAUI-II), entre 2014 y 2017, se enfocó en la producción y consumo sustentable en La Paz, Baja California Sur; Salamanca, Guanajuato; y Toluca, Estado de México.

Fuente: INECC; elaboración propia con información de SEDATU (2016), Banamex (2015), Banco Mundial (2016), BID (2014, 2016), ICLEI e INECC (2016), GIZ (s.f.), SEMARNAT (2014).

Tabla 4.12. **Principales contaminantes y fuentes emisoras de la región de la megalópolis**

Contaminante	Principal fuente emisora en la megalópolis
$PM_{2.5}$ (partículas menores de 2.5 micrómetros)	Fuentes dispersas o de área son responsables de 60% de las emisiones.
SO_2 (dióxido de azufre)	96% provienen de las fuentes fijas.
NO_x (óxidos de nitrógeno)	82% provienen de fuentes móviles.
COV (compuestos orgánicos volátiles)	65% provienen de fuentes de área y 27% de fuentes móviles.
Carbono negro	Principalmente del uso de leña del ámbito doméstico y de las quemas agrícolas, seguido de los automotores a diésel.

Fuente: SEMARNAT e INECC (2017).

En respuesta a esta situación, el gobierno federal, a través de la Comisión Ambiental de la Megalópolis,[54] publicó el Programa de Gestión Federal para Mejorar la Calidad del Aire de la Megalópolis 2017-2030 (PROAIRE de la Megalópolis).

Esta publicación atendió al carácter multidimensional de los procesos que determinan la calidad del aire en la región urbana del centro de México, enfatizó la necesidad de un enfoque territorial, ecosistémico e integral para abordar el fenómeno de la contaminación y estableció las acciones estratégicas que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes y aumentar la resiliencia de los sistemas socioeconómicos y ecosistémicos ante los efectos del cambio climático del área urbana más extensa de México.

Se sugirió mejorar la cobertura del monitoreo atmosférico, avanzar hacia la creación de inventarios de emisiones, consolidar el sistema de vigilancia epidemiológica de la megalópolis y ampliar las investigaciones científicas acerca de los efectos de la contaminación del aire en la salud de la población.

Si se cumple con las normas mexicanas de protección de la salud y los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud para las PM_{10}, se estima que en la región se pueden evitar 12,000 muertes prematuras anualmente (SEMARNAT e INECC, 2017). Sin embargo, la megalópolis es un macrosistema urbano altamente interrelacionado de once ciudades en seis entidades federativas que requiere la articulación de los tres órdenes de gobierno, el sector privado y la sociedad civil (SEMARNAT e INECC, 2017).

Para abordar los complejos sistemas que componen las ciudades, centros urbanos y regiones periurbanas de forma integral, resulta importante el estudio de las diferentes dimensiones que determinan la contribución al cambio climático y su impacto, la adopción y consecución de medidas de mitigación y adaptación, así como acciones para disminuir la contaminación del aire en los ámbitos local y regional.

Agenda sobre ciudades sustentables

Las ciudades representan un aspecto primordial de la agenda internacional y, en México, este se incorporó en la Política Nacional de Desarrollo Urbano y en la Política Nacional de Cambio Climático.

En 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 y 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El objetivo 11 apunta a: "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles"; este objetivo refleja la complejidad y el carácter multidimensional del crecimiento verde en las ciudades.

Al contribuir con tres cuartas partes del consumo mundial de energía y emisiones de CO_2, las ciudades también deberán tener un papel transformador en el cumplimiento del objetivo 13, que indica: "Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos"; señala, además, que las políticas y estrategias que atiendan este objetivo son inaplazables.

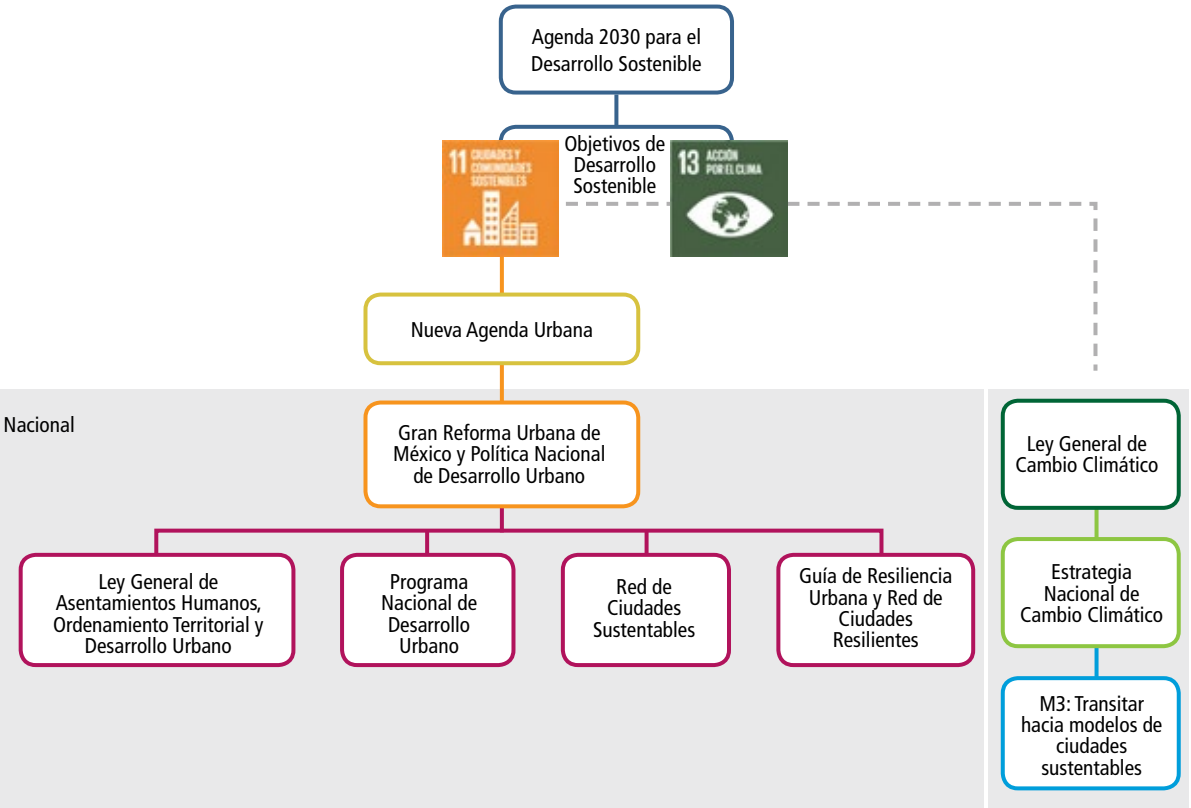
En apoyo a la Agenda 2030 y los ODS, la Comisión de las Naciones Unidas de Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) publicó y adoptó, en 2016, la Nueva Agenda Urbana (NAU). La adopción de la NAU es el principal resultado de Habitat III, la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, celebrada en Quito, Ecuador, por los países miembros (**Figura 4.40**).

Dicha agenda intenta reorientar la manera en que se planifican, diseñan, financian, desarrollan y gestionan las ciudades durante los próximos 20 años, y afirmar el compromiso internacional de los asentamientos urbanos como pilar para transitar hacia un desarrollo sustentable.

Se pretende lograr ciudades y asentamientos humanos que cumplan sus funciones sociales, ecológicas y territoriales; alienten la participación; reduzcan las desigualdades, en especial la de género; afronten desafíos y aprovechen un crecimiento económico inclusivo y sostenido; promuevan las inversiones para una movilidad urbana sostenible, segura y accesible; gestionen los riesgos de desastres, reduzcan la vulnerabilidad y aumenten la resiliencia y capacidad de respuesta; y protejan,

[54] La Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME) se creó en octubre de 2013 y representa a todas las entidades que conforman la megalópolis, aunque algunos municipios de Puebla, Hidalgo, Estado de México y Querétaro todavía no están integrados.

Figura 4.40. **Agenda nacional e internacional sobre ciudades sustentables**



Fuente: INECC, elaboración propia.

conserven, restablezcan y promuevan sus ecosistemas, y reduzcan su impacto ambiental.

En México, la Política Nacional de Desarrollo Urbano, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)[55] y la publicación de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU) responden al tema de asentamientos urbanos de la Agenda 2030, los ODS y la NAU.

La LGAHOTDU, publicada en noviembre de 2016, regula el crecimiento de las ciudades y mejora los esquemas de gobernanza metropolitana mediante la tutela y gestión eficiente del suelo a favor de una nueva cultura de ciudad, espacios públicos y movilidad, al tiempo que define la forma en que habrán de coordinarse el Gobierno de la República, los gobiernos estatales y los municipales.

El Programa Nacional de Desarrollo Urbano, a cargo de la SEDATU y con la contribución de diversas instituciones de la administración pública federal, publicado en 2014, establece seis objetivos para fomentar ciudades con un ordenamiento sistemático y que sean productivas y sustentables ambiental y socialmente.

En lo referente a la acción frente al cambio climático, se publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), la cual, con una visión de largo plazo, propone la transición hacia ciudades sustentables, con una economía verde y ecosistemas y poblaciones resilientes. La transición hacia modelos de ciudades sustentables con sistemas de movilidad, gestión integral de residuos y edificaciones de baja huella de carbono es una de las líneas de acción de la ENCC.

[55] En 2013, la Secretaría de la Reforma Agraria se transformó en la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, como entidad de la administración pública federal, cuyo propósito es planificar, coordinar, administrar, generar y ejecutar políticas públicas de ordenamiento territorial de asentamientos humanos, vivienda y desarrollo urbano y rural.

Plataforma de conocimiento sobre ciudades sustentables

Elaborada por el INECC, la plataforma de conocimiento sobre ciudades sustentables tiene el objetivo de suministrar información sistematizada y divulgar conocimientos relativos a las ciudades mexicanas mediante el uso de tecnologías de la información. Actualmente se trabaja en el desarrollo de la métrica y construcción de indicadores para evaluar la sustentabilidad de las ciudades, así como en el desarrollo de una aplicación *web*, con el fin de que contribuyan a la toma de decisiones sobre la infraestructura urbana y medidas para reducir las emisiones y la adaptación en el entorno urbano.

El rápido crecimiento de las ciudades y concentración poblacional las coloca en un rango de alta prioridad para combatir el cambio climático; de ello derivan diversas áreas de oportunidad para abordar las diferentes dimensiones que integran el espacio urbano y sus posibilidades de mitigación, adaptación y desarrollo sustentable.

Una de las áreas de oportunidad constituye la compilación de conocimientos y experiencias existentes sobre los esfuerzos emprendidos en materia de ciudades sustentables y las sinergias con calidad del aire y combate al cambio climático para México.

Con esta tarea, tanto los tomadores de decisiones como la población en general podrán consultar información sobre las iniciativas nacionales, experiencias internacionales exitosas y oportunidades que permitan aumentar el nivel de sustentabilidad de las ciudades. En respuesta a esta necesidad de generar e integrar conocimiento con respecto a este tema de interés nacional y transitar hacia modelos de desarrollo urbano de baja huella de carbono, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) desarrolla ya una plataforma de conocimiento sobre ciudades sustentables.

La construcción de dicha plataforma se puso en marcha como un proceso dinámico y continuo de compilación y sistematización de información clave, y actualmente ya se cuenta con avances importantes.

Esta iniciativa permite abordar las problemáticas urbanas de conformidad con las premisas de crecimiento verde, con instrumentos para la mitigación y la adaptación al cambio climático por medio de un conjunto de parámetros e indicadores, lo cual permitirá evaluar la sustentabilidad en las ciudades mexicanas respecto de cada una de las siguientes dimensiones:**Agua**. La dimensión del agua para una ciudad resulta de la capacidad: *1)* para asegurar el acceso al agua y el abastecimiento de la misma en cantidad y calidad adecuadas para satisfacer la demanda de la ciudadanía, las actividades industriales y los servicios; *2)* del sistema de saneamiento y tratamiento de aguas y su posible aprovechamiento, *3)* de la recarga de acuíferos, y *4)* de la gestión de los recursos hídricos, con el fin de propiciar el bienestar humano y de los sistemas ambientales.

Aire. La calidad del aire es fundamental para la salud humana y se refiere al estado que este guarda en el entorno, tanto el atmosférico como en interiores, en función de sus efectos en la salud humana. La contaminación del aire en las ciudades proviene, en gran parte, de la quema de combustibles en fuentes móviles (escapes de vehículos) o estacionarias (columnas de humo).

Suelo. El suelo es un elemento fundamental que sustenta la formación social, política y económica de la ciudad. Su uso está basado en la dimensión funcional del territorio para las diferentes actividades humanas. La sustentabilidad de una ciudad depende de un ordenamiento territorial que considere usos de suelo mixtos, una compactación urbana racional, la accesibilidad a alimentos y materiales locales y la reducción del número y longitud de los traslados.

Edificaciones. Las edificaciones, como elemento estructural de la urbanización, juegan un papel central en la sustentabilidad de una ciudad. Las tendencias de diseño, métodos constructivos y materiales tienen un impacto en el consumo energético, el costo y la escasez de recursos naturales. La sustentabilidad de las edificaciones considera la utilización de prácticas y materiales respetuosos del medio ambiente en la planeación, diseño, ubicación, construcción, operación y demolición de edificaciones.

Industria. La industria sustentable en las ciudades es aquélla que, en su cadena de procuración, suministro, transformación y venta, minimiza el impacto ambiental de sus actividades y se transforma constantemente con miras a la adopción de tecnologías de menores emisiones de carbono basada en la innovación y en buenas prácticas.

Energía. Se refiere al uso racional de la energía, analizado a partir de por lo menos dos componentes: eficiencia energética y utilización de fuentes renovables de energía. La red de infraestructura urbana ofrece un potencial importante para reducir significativamente los niveles de consumo energético actuales mediante sistemas de gestión de la energía y tecnologías eficientes que pueden

incorporarse, como alumbrado público, equipos de bombeo, calentadores de agua y sistemas de climatización, entre otros.

Movilidad. La movilidad sustentable tiene el objetivo de reconciliar las necesidades de movilidad de la ciudadanía con el medio ambiente, sin que ello suponga limitar el potencial de desarrollo ni restringir el derecho de las personas al transporte de calidad. La movilidad sustentable en las ciudades se refiere a: *1)* la capacidad para desplazarse por medio de vías y sistemas de transporte accesibles, eficientes, seguros y eficaces, con un bajo impacto ambiental y territorial; *2)* programas que minimicen el uso del vehículo privado y promuevan el uso de suelo orientado al tránsito y modos de transporte no motorizados, limpios y eficientes, y *3)* una creciente incorporación de infraestructura que contribuya a la resiliencia urbana[56] para el transporte.

Habitabilidad. Esta dimensión se determina por la relación y adecuación entre una persona y el entorno urbano, y se refiere a la forma en que cada una de las escalas territoriales es evaluada según su capacidad de satisfacer las necesidades humanas. La habitabilidad se relaciona con el cumplimiento de características y cualidades básicas económicas, sociales, políticas y ambientales, que contribuyen a crear un espacio habitable, adecuado y favorable para el desarrollo comunitario en las ciudades. La habitabilidad sustentable se liga estrechamente con la adaptación al cambio climático y con elementos como vulnerabilidad, espacio público, dotación uniforme de infraestructuras adaptadas al cambio climático, seguridad, equipamientos, elementos del patrimonio simbólico-cultural y la disponibilidad real de bienes y servicios estratégicos como el agua y la energía.

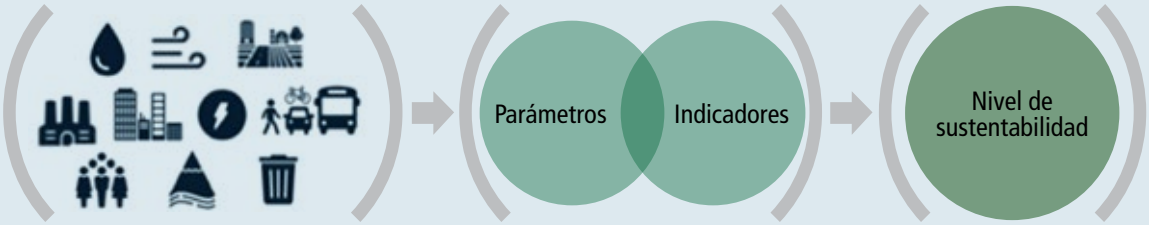
Bienes y servicios ambientales. Comprende los bienes y servicios que ofrece la infraestructura ecológica, la cual se define como cualquier superficie natural en el medio urbano que proporcione servicios ecosistémicos (tales como agua dulce, regulación del microclima, recreación) y que, a su vez, determinan la calidad ambiental urbana. La sustentabilidad urbana debe reducir los impactos de las ciudades atribuibles al consumo de los recursos naturales para lograr un adecuado manejo y equilibrio de los ecosistemas y, de esta manera, evitar costos ambientales excesivos o irreversibles.

Residuos sólidos urbanos. La gestión integral y sustentable de los residuos sólidos urbanos puede considerarse como el conjunto de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de residuos, desde su generación, recolección y acopio, según su composición, hasta programas de reducción y reciclaje, infraestructura para su aprovechamiento y disposición final adecuada, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, según las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Para la construcción de indicadores de sustentabilidad se tomó como base el Sistema Urbano Nacional (SUN) e, inicialmente, se generaron categorías y tipologías para las ciudades mexicanas de 50,000 o más habitantes, según factores demográficos, socioeconómicos y de ubicación geográfica, desarrollo urbano y potencial de aprovechamiento de fuentes renovables de energía.

Una vez conformado el acervo de ciudades mexicanas, se definen parámetros para cada una de las 10 dimensiones utilizadas como marco conceptual. Los parámetros son valores obtenidos de fuentes de datos oficiales, públicos, actualizables y disponibles para el mayor número de ciudades posible.

Posteriormente se establecen, construyen y calculan indicadores, diseñados a partir de uno o varios parámetros, que proporcionan información sobre el desempeño de una ciudad. Cada conjunto de indicadores permite asignar un valor al nivel de "sustentabilidad" de una determinada ciudad con respecto a cada dimensión, así como un valor para todo el conjunto. Los indicadores empleados para la medición de la sustentabilidad de una ciudad son variados y dependen del parámetro considerado para la valoración.



[56] La resiliencia urbana es la capacidad de individuos, comunidades, instituciones, empresas y sistemas dentro de una ciudad para sobrevivir, adaptarse y crecer, sin importar qué clase de tensiones crónicas o crisis graves hayan experimentado; por lo tanto, para una ciudad es la habilidad que muestra el sistema urbano para absorber y recuperarse rápidamente ante el impacto de cualquier tensión o crisis y mantener la continuidad de sus servicios.

Referencias

Acemoglu, D., S.H. Johnson, J.A. Robinson. 2001. "The Colonial Origins of Comparative Development : An Empirical Investigation." *The American Economic Review* 91: 1369-1401. DOI: 10.1257/aer.91.5.1369.

_____ . 2003. "An African success story: Botswana", in D. Rodrik (ed.), *In Search of Prosperity: Analytic Narratives on Economic Growth*.

Acemoglu, D., D. Ticchi, A. Vindigni. 2011. "Emergence and persistence of inefficient states." *Journal of the European Economic Association* 9: 177-208. DOI: 10.1111/j.1542-4774.2010.01008.x.

Ackerman, F. 2008. "Climate economics in four easy pieces." *Development* 51: 325-331. DOI: 10.1057/dev.2008.34.

Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF). 2016. Anuario estadístico ferroviario 2016. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/242500/ARTF_Anuario_Estad_stico_Ferroviario_2016.pdf

Alley, R.B., J. Marotzke, W.D. Nordhaus, J.T. Overpeck, D.M. Peteet, R.A. Pielke, R.T. Pierrehumbert, P.B. Rhines, T,F. Stocker, L.D. Talley, J.M. Wallace. 2003. "Abrupt climate change." *Science* (New York, N.Y.) 299: 2005-10. DOI: 10.1126/science.1081056.

Arrow, K. *et al.* 2013. "Determining benefits and costs for future generations." *Science* (New York, N.Y.) 341: 349-50. DOI: 10.1126/science.1235665.

BANAMEX. 2015. *Ciudades Competitivas y Sustentables 2015.* México. https://www.banamex.com/es/conoce_banamex/quienes_somos/prensa/contenido/2015/20_octubre.html

Berrittella, M., A. Bigano, R. Roson, R.S.J. Tol. 2006. "A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism." *Tourism Management* 27: 913–924. DOI: 10.1016/j.tourman.2005.05.002.

BID. 2014. *Guía Metodológica, Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles.* Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. https: //issuu.com/ciudadesemergentesysostenibles/docs/gu__a_metodol__gica_ices_-_segunda_

_____ . 2016. *Ciudades Emergentes y Sostenible.* Banco Interamericano de Desarrollo: http: //www.iadb.org/es/temas/ciudades-emergentes-y-sostenibles/iniciativa-ciudades-emergentes-y-sostenibles,6656.html

Boyd, R., M.E. Ibarraran. 2011. "El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial." *Gaceta de Economía* 16: 115-133.

Burke, M., S.M. Hsiang, E. Miguel. 2015. "Global non-linear effect of temperature on economic production." *Nature* 527: 235-239. DOI: 10.1038/nature15725

Cachon, G., S. Gallino, M. Olivares. 2012. "Severe Weather and Automobile Assembly Productivity." SSRN *Electronic Journal.* DOI: 10.2139/ssrn.2099798.

CENAPRED. 2018. *Curso "Didáctica para la Enseñanza de la Gestión Integral del Riesgo y la Adaptación al Cambio Climático".* https: //www.gob.mx/cenapred/documentos/curso-didactica-para-la-ensenanza-de-la-gestion-integral-del-riesgo-y-la-adaptacion-al-cambio-climatico?idiom=es

CEPAL. 2018. *Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México 2018.* Naciones Unidas. https: //www.cepal.org/es/publicaciones/43612-informe-nacional-monitoreo-la-eficiencia-energetica-mexico-2018

Chapingo-CONAFOR, U. d. 2015. Tomo V Componente Servicios Ambientales. En Chapingo-conafor, *Monitoreo y Evaluación complementaria del Programa S219* PRONAFOR *Pago por Servicios Ambientales 2013* (p. 159). México: CONAFOR.

CBI_MEXICO2. 2016. Bonos y Cambio Climático: El estado del mercado 2016. Climate Bonds Initiative - mexico2 Plataforma Mexicana de Carbono. México http://www.mexico2.com.mx/uploadsmexico/file/Bonos_cambio_climatico_2016.pdf

CONAFOR. 2011. *El Pago por Servicios Ambientales como Instrumento de Conservación.* México: http: //www.conafor.gob.mx: 8080/documentos/docs/8/2673Ejercicio%20de%20renci%C3%B3n%20de%20Cuentas%20a%20la%20sociedad.pdf.

_____ . 2015. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. Guadalajara: CONAFOR.

_____ . 2017. Estrategia Nacional redd+ 2017-2030, 04/06/2018, de Comisión Nacional Forestal http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/Estrategia-Nacional-REDD+-2017-2030.pdf

CONAGUA. 2017. *Comunicación Directa.* Ciudad de México: CONAGUA.

CONAPESCA. 2013. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México. https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

Delgado Ramos, G.C., A. de Luca Zuria, V. Vázquez Zentella, y L. de Diego Correa. 2015. "Asentamientos Humanos y Mitigación Climática." En *Reporte Mexicano de Cambio Climático-Grupo III Emisiones y Mitigación de Gases de*

Efecto Invernadero. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Dell, M., B.F. Jones, B.A. Olken. 2009. "Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates." *American Economic Review* 99: 198-204. DOI: 10.1257/aer.99.2.198.

_____ . 2012. "Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century." *American Economic Journal: Macroeconomics* 4: 66-95. DOI: 10.1257/mac.4.3.66.

_____ . 2014. "What Do We Learn from the Weather? The New Climate–Economy Literature." *Journal of Economic Literature* 52: 740-798. DOI: 10.3386/w19578.

Deschênes, O., M. Greenstone. 2007. "The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather." *American Economic Review* 97: 354-385. DOI: 10.1257/aer.97.1.354.

_____ . 2011. "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US." *American Economic Journal: Applied Economics* 3: 152-185. DOI: 10.1257/app.3.4.152.

Deschênes O., E. Moretti. 2009. "Extreme weather events, mortality, and migration." *The Review of Economics and Statistics* 91: 659-681. DOI : 10.1162/rest.91.4.659.

Diamond, J.M. 1997. *Guns, germs, and steel: the fates of human societies.* W.W. Norton & Co. DOI: 10.1046/j.1467-8330.2003.00357.x.

DOF. 2012. *Decreto por el que se expide la Ley General de Cambio Climático.* Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 06 de junio de 2012. Última reforma publicada en el dof el 13 de julio de 2018. México.

_____ . 2013a. *Acuerdo por el que se expide la Estrategia Nacional de Cambio Climático.* México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 03 de junio de 2013. México.

_____ . 2013b. *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013. México.

_____ . 2013c. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013 - 2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013d. *Programa Sectorial de Energía 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013e. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013f. *Programa Sectorial de Turismo 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013g. *Programa Sectorial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013h. *Programa Sectorial de Marina 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013i. *Programa de Desarrollo Innovador 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013j. *Programa Sectorial de Desarrollo Social 2013-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013k. *Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018*. México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013l. *Programa Sectorial de Educación 2013-2018*. México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013m. *Programa Sectorial de Trabajo y Previsión Social 2013-2018.* México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013n. *Programa Sectorial de Salud 2013-2018*. México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2013o. *Programa Sectorial de Gobernación 2013-2018*. México. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 2013. México.

_____ . 2014a. *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de abril de 2014. México.

_____ . 2014b. *Programa Especial de Producción y Consumo Sustentables* (PEPyCS). Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de abril de 2014. México.

_____ . 2015. Ley de Transición Energética. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 2015. México.

_____ . 2017. Aviso por el que se dan a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2020, 2021 y 2022 establecidos por la Secretaría de Energía. México. Diario Oficial de la Federación.

_____ . 2017a. Decreto por el que se expide la Ley de Ingresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal de 2018.

Environmental Defense Fund (EDF). 2017. *El Marine Stewardship Council certifica como sustentable a la Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable.* http: // mexico.edf.org/prensa/el-marine-stewardship-council-certifica-como-sustentable-la-alianza-del-pacifico-por-el-atun

Estrada F., E. Papyrakis, R.S.J. Tol, C. Gay-Garcia. 2013. "The economics of climate change in Mexico: implications for national/regional policy." *Climate Policy* 13: 738-750. DOI: 10.1080/14693062.2013.813806.

Estrada F., P. Perron, B. Martínez-López. 2013. "Statistically derived contributions of diverse human influences to twentieth-century temperature changes." *Nature Geoscience* 6. DOI: 10.1038/ngeo1999.

Estrada, F., W.J. Wouter Botzen, R.S.J. Tol. 2015. "Economic losses from US hurricanes consistent with an influence from climate change." *Nature Geoscience* 8: 880-885. DOI: 10.1038/NGEO2560.

Estrada F., W.J.W. Botzen, R.S.J. Tol. 2017. "A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts." *Nature Climate Change* 7. DOI: 10.1038/ nclimate3301.

Estrada F., R.S.J. Tol, C. Gay-García. 2015a. "The persistence of shocks in GDP and the estimation of the potential economic costs of climate change. *Environmental Modelling and Software* 69: 155-165. DOI: 10.1016/j. envsoft.2015.03.010.

_____ . 2015b. "The persistence of shocks in GDP and the estimation of the potential economic costs of climate change." *Environmental Modelling and Software* 69. DOI: 10.1016/j.envsoft.2015.03.010.

Fankhauser, S., R.S.J. Tol. 2005. "On climate change and economic growth." *Resource and Energy Economics* 27: 1-17. DOI: 10.1016/J.RESENEECO.2004.03.003.

FAO. 2015. Enfoque ecosistémico pesquero: Conceptos fundamentales y su aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http:// www.fao.org/3/a-i4775s.pdf

FIRCO. 2018. *Apoyos otorgados a través del Componente Sustentabilidad Pecuaria*. México. Fideicomiso de Riesgo Compartido. https://datos.gob.mx/busca/dataset/ apoyos-otorgados-a-traves-del-componente-sustentabilidad-pecuaria

Füssel, H.-M. 2010. "Modeling impacts and adaptation in global IAMS." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1: 288-303. DOI: 10.1002/wcc.40.

Gallup, J.L., J.D. Sachs. 2001. "The economic burden of malaria." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 85-96. DOI: 11425181.

Gallup, J.L., J.D. Sachs, A. Mellinger, L. Gallup, A.D. Mellinger. 1999. CID Working Paper No. 001: Geography and Economic Development by John Luke Gallup and Jeffrey D. Sachs, with Andrew Mellinger, Center for International Development at Harvard University (CID).

Gastelum, D. Gutierrez, J., Hernández, T., Inclán, C. Islas, I., Landa, G., & F., R. (2015). Transitioning towards a low-carbon economy in Mexico: an aplication of the ThreeME model. Etudes de I´AFD, Agence Francaise de Développement.

Gay, C. 2000. "México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México." Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país, coordinados por el INE, SEMARNAP, UNAM, con el apoyo del U.S. Country Studies Program, México.

Gay C., F. Estrada, C. Conde, H. Eakin, L. Villers. 2006. "Potential impacts of climate change on agriculture: A case study of coffee production in Veracruz, Mexico." *Climatic Change* 79: 259-288. DOI: 10.1007/s10584-006-9066-x.

GGGI. 2016. *Indicators Can Support Transition to Inclusive, Resource-Efficient Green Economy, Says UNEP Report.* Global Green Growth Institute.

_____ . 2017. *Estrategia de Crecimiento Verde para el Estado de Sonora: Borrador para discusión*. México. Global Green Growth Institute. https://cedes.gob.mx/images/ pdf/PrimerBorradordelaECVdeSonora.pdf

Girardet, H. 2001. *Creando ciudades sostenibles*. Valencia: Tilde.

GIZ. s.f. *Gestión Ambiental Urbana e Industrial*. Retrieved from Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ): https: //www.giz.de/en/ worldwide/32992.html

Gobierno de la República. 2014a. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018; Avance y Resultados 2014*. https://www.gob.mx/ cms/uploads/attachment/file/262342/08ps_ agropecuariopesquero_alimentario.pdf

_____ . 2014b. *Programa Sectorial de Turismo 2013-2018; Avance y Resultados 2014*. https://www.gob.mx/cms/ uploads/attachment/file/262388/21ps_turismo.pdf

_____ . 2014c. *Programa Sectorial de Desarrollo Social 2013-2018; Avance y Resultados 2014*. https://www.gob.mx/ cms/uploads/attachment/file/262385/20ps_desarrollo_ social.pdf

_____ . 2015a. *Programa Sectorial de Desarrollo Social 2013-2018; Avance y Resultados 2015*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262522/20ps_desarrollosocialL2015.pdf

_____ . 2015b. *Programa Sectorial de Educación 2013-2018; Avance y Resultados 2015*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262841/11ps_educacionL2015_A.pdf

_____ . 2015c. *Programa Sectorial de Trabajo y Previsión Social 2013-2018; Avance y Resultados 2015*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262500/14_ps_trabajo_previsi_nsocialL2015.pdf

_____ . 2015d. Programa Sectorial de Energía 2013-2018: Avance y Resultados 2015. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262515/18ps_energ_aL2015.pdf

_____ . 2015e. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018: Avances y Resultados 2015. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262511/16ps_promarnatL2015.pdf

_____ . 2016a. *Programa Sectorial de Turismo 2013-2018; Avance y Resultados 2016*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262868/21ps_turismoL2016.pdf

_____ . 2016b. *Programa Sectorial de Trabajo y Previsión Social 2013-2018; Avance y Resultados 2016*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262720/14_ps_trabajo_previsi_nsocialL2016.pdf

_____ . 2016c. *Programa Especial de Cambio Climático 2013-2018; Logros 2016*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314952/Logros_pecc_2016.pdf

_____ . 2016d. Programa Sectorial de Energía 2013-2018: Avance y Resultados 2016. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262736/18ps_energ_aL2016.pdf

_____ . 2017a. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309360/16ps_promarnatAyR2017P1.pdf

_____ . 2017b. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309229/08ps_sagarpaL2016.pdf

_____ . 2017c. *Programa Sectorial de Turismo 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309282/21ps_turismoAyR2017.pdf

_____ . 2017d. *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309232/09ps_comunicaciones_transportesAyR2017.pdf

_____ . 2017e. *Programa Sectorial de Marina 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309258/13ps_marinaAyR2017.pdf

_____ . 2017f. *Programa Especial de Producción y Consumo Sustentables (PEPyCS). Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309270/16pe_producci_n_consumosustAyR2017.pdf

_____ . 2017g. *Programa Sectorial e Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018; Avance y resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309266/15ps_desarrolloagrario_territorialyurbano2017.pdf

_____ . 2017h. *Programa Sectorial de Educación 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311742/11ps_educacionAyR2017P1.pdf

_____ . 2017i. *Programa Sectorial de Trabajo y Previsión Social 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309260/14_ps_trabajo_previsi_nsocialAyR2017.pdf

_____ . 2017j. *Programa Sectorial de Salud 2013-2018; Avance y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309257/12ps_saludAyR2017.pdf

_____ . 2017k. *Programa Sectorial de Gobernación 2013-2018; Avances y Resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309198/04ps_gobernaci_nAyR2017.pdf

_____ . 2018. *Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminaci*ón contra las Mujeres, Avance y *resultados 2017*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/304490/Avance_y_Resultados_PROIGUALDAD_2017_28_02_2018.pdf

Gössling, S., C.M. Hall. 2006. "Uncertainties in predicting tourist flows under scenarios of climate change." *Climatic Change* 79: 163-173. DOI: 10.1007/s10584-006-9081-y.

Hales S., S. Kovats, S. Lloyd, D. Campbell-Lendrum. 2014. *Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s.*

Hallegatte, S., M. Bangalore, L. Bonzanigo, M. Fay, T. Kane, U. Narloch, J. Rozenberg, D. Treguer, A. Vogt-Schilb. 2015.

"Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty." DOI: 10.1596/978-1-4648-0673-5.

Hallegatte, S., J.C. Hourcade, P. Dumas. 2007. "Why economic dynamics matter in assessing climate change damages: Illustration on extreme events." *Ecological Economics* 62: 330-340. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2006.06.006.

Hallegatte S., J. Rozenberg. 2017." Climate change through a poverty lens." *Nature Climate Change* 7: 250-256. DOI: 10.1038/nclimate3253.

Hamilton, J.M., D.J. Maddison, R.S.J. Tol. 2005. "Climate change and international tourism: A simulation study." *Global Environmental Change* 15: 253-266. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2004.12.009.

Hope, C. 2013. "Critical issues for the calculation of the social cost of CO_2: Why the estimates from PAGE09 are higher than those from PAGE 2002." *Climatic Change* 117: 531-543. DOI: 10.1007/s10584-012-0633-z.

Horowitz, J.K. 2009. "The Income-Temperature Relationship in a Cross-Section of Countries and its Implications for Predicting the Effects of Global Warming." *Environmental and Resource Economics* 44: 475-493. DOI: 10.1007/s10640-009-9296-2.

Hsiang, S.M. 2010. "Temperatures and cyclones strongly associated with economic production in the Caribbean and Central America." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 15367-15372. DOI: 10.1073/pnas.1009510107.

Hsiang, S.M., M. Burke, E. Miguel. 2013. "Quantifying the influence of climate on human conflict." *Science* (New York, N.Y.) 341: 1235367. DOI: 10.1126/science.1235367

ICLEI e INECC. 6 agosto 2016. *Plan de Acción Climática Municipal.* Retrieved from http: //pacmun.org.mx/

INECC. 2018. Costos de las contribuciones nacionalmente determinadas. Informe final . https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330857/Costos_de_las_contribuciones_nacionalmente_determinadas_de_M_xico__dobles_p_ginas_.pdf

INEGI. 1994. *Estadísticas Históricas de México.* México.

_____ . 2011. Censo de Población y Vivienda 2010. México.

_____ . 2014. Censos Económicos 2014: Las Zonas Metropolitanas en México. México.

_____ . 2016. Estadísticas a propósito del Día Mundial del Medio Ambiente (5 de junio): Datos nacionales. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/ambiente2016_0.pdf

_____ . 2018a. *PIB y Cuentas Nacionales de México: Económicas y Ecológicas*. México. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/

INEGI. 2018b. Sistema de Cuentas Nacionales de México: Cuentas Económicas y Ecológicas de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 2018, de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/c_anuales/c_econecol/default.aspx

INEGI. 2018c. Comunicado de prensa núm. 104/18: Entre semana se realizan 34.56 millones de viajes en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); el 58.1% es para ir al trabajo y duran entre media y dos horas: Encuesta de origen destino en hogares de la ZMVM (EOD). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSociodemo/OrgenDest2018_02.pdf

INEGI. 2018d. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/enoe/

INEGI. 2018e. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/

INAPESCA. 2014. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo. Instituto Nacional de Pesca. México. https://www.gob.mx/inapesca/documentos/sustentabilidad-y-pesca-responsable-en-mexico-2014

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policy Makers. doi: 10.1016/j.renene.2009.11.012.

ITSPR. 2017. Programa de Becas. Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica. Veracruz, México. http://www.itspozarica.edu.mx/PROGRAMA_DE_BECAS_ITSPOZA_RICA_2017.pdf

ITST. 2016. Padrón de beneficiartios del programa Becas de Excelencia en Contribución a Tu Entorno. Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro. Michoacán, México. https://www.coneval.org.mx/sitios/RIEF/Documents/michoacan-padronbecasexcelencia-2016.pdf

IUCN. 2013. *The Environment and Gender Index (egi) 2013 Pilot.* Washington, D.C.: International Union for Conservation of Nature (iucn).

Jewson, S., A. Brix, C. Ziehmann. 2005. "Weather derivative valuation: The meteorological, statistical, financial and mathematical foundations." DOI: 10.1017/CBO9780511493348.

Jones, B.F., B.A. Olken. 2010. "Climate shocks and exports." *American Economic Review.* 454-459. DOI: 10.1257/aer.100.2.454.

Lacy, R. 2017. "Se formalizará mercado de bonos de carbono" en El Economista. https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Se-formalizara-mercado-de-bonos-de-carbono-20170605-0099.html

Maddison, D. 2001. "In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists." *Climatic Change* 49: 193-208. DOI: 10.1023/A:1010742511380.

MSC. 2017. La Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable logra la certificación MSC. Marine Stewardship Council. https://www.msc.org/es/sala-de-prensa/notas-de-prensa/la-alianza-del-pac%C3%ADfico-por-el-at%C3%BAn-sustentable-logra-la-certificaci%C3%B3n-msc

NAFIN. 2017. *nafin's Annual Green Bond Report* . Nacional Financiera (nafin). http: //www.nafin.com/portalnf/files/secciones/piso_financiero/pdf/relacion_con_inversionistas/green_bond/Reporte_Nafin_201709.pdf .

Nelson, G.C., H. Valin, R.D. Sands *et al.* 2013. "Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* doi: 10.1073/pnas.1222465110.

Niemelä, R., M. Hannula, S. Rautio, K. Reijula, J. Railio. 2002. "The effect of air temperature on labour productivity in call centres—a case study." *Energy and Buildings* 34: 759-764. doi: 10.1016/S0378-7788(02)00094-4.

Nordhaus, W.D. 2013. *The Climate casino: risk, uncertainty, and economics for a warming world.* Yale University Press.

Nordhaus, W.D. 2017. "Revisiting the social cost of carbon." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114: 1518-1523. doi: 10.1073/pnas.1609244114.

North, D.C., R.P. Thomas. 1973. *The Rise of the Western World. A New Economic History.*

OECD 2011. Towards Green Growth: Monitoring Progress: OECD Indicators. Paris. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/greengrowth/48224574.pdf

_____ . 2013. oecd Environmental Performance Review: Mexico 2013. oecd Publishing. doi: 10.1787/9789264180109-en.

_____ . 2017. Green Growth Indicators 2017. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264268586-en

OECD e IEA. 2017. CO_2 Emissions From Fuel Combustion Highlights (2016 edition). https://www.iea.org/classicstats/relateddatabases/co2emissionsfromfuelcombustion/

OECD e IEA 2017. Key world energy statistics. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf

Oreskes, N., K. Shrader-Frechette, K. Belitz. 1994. "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences." *Science* 263: 641-646. doi: 10.1126/science.263.5147.641.

Oil and gas Magazine. 2017. Las rondas de licitación petrolera en México: resultados a tres años de la reforma energética. https://oilandgasmagazine.com.mx/2017/05/las-rondas-licitacion-petrolera-en-mexico-resultados-a-tres-anos-la-reforma-energetica/

PNUD. 2017. *Agenda de desarrollo post-2015*. http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/post-2015/sdg-overview.html

Presidencia de la República. 2016. Cuarto Informe de Gobierno 2015 -2016. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos - Presidencia de la República. México. http://www.presidencia.gob.mx/cuartoinforme/

_____ . 2017. Quinto Informe de Gobierno 2016 - 2017. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos - Presidencia de la República. México. http://www.presidencia.gob.mx/quintoinforme/

PROFECO. 2014. Boletín de prensa 073: Profeco y conuee editan número especial de la revista del consumidor sobre uso eficiente de energía. México. Procuraduría Federal del Consumidor. https://www.profeco.gob.mx/prensa/prensa14/diciembre14/bol0073.asp

_____ . 2018. Educación y Divulgación. México. Procuraduría Federal del Consumidor. https://www.gob.mx/profeco/acciones-y-programas/educacion-y-divulgacion

PROFEPA. 2017. *Comunicación Directa.* Ciudad de México: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Rosenzweig, C., J. Elliott, D. Deryng *et al.* 2014. "Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison." *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111: 3268-3273. doi: 10.1073/pnas.1222463110.

Rosenzweig, C., J.W. Jones, J.L. Hatfield *et al.* 2013. "The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies." *Agricultural and Forest Meteorology* 170: 166-182. doi: 10.1016/j.agrformet.2012.09.011.

Rosenzweig, C., W.D. Solecki, S.A. Hammer, S. Mehrotra. 2011. *Climate change and cities: first assessment report of the Urban Climate Change Research Network*. Cambridge University Press.

Sachs, J. 2001. *Tropical Underdevelopment*. Cambridge, ma. DOI: 10.3386/w8119.

SAGARPA. 2018a. Mejoramiento Productivo del Suelo y Agua: Listado de Beneficiarios. México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/mejoramiento-productivo-del-suelo-y-agua-listado-de-beneficiarios

_____ . 2018b. Energías Renovables 2018: Listado de Beneficiarios Autorizados y Rechazados. México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/energias-renovables-2018-listado-de-beneficiarios-autorizados

Schmidhuber, J., F.N. Tubiello. 2007. "Global food security under climate change." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 19703-8. doi: 10.1073/pnas.0701976104.

SCT. 2018. Anuario estadístico SCT. México. Secretaría de Comunicaciones y Transportes http://www.sct.gob.mx/planeacion/estadistica/anuario-estadistico-sct/

SEDATU. 2017. Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano 2013-2018: Avances y Resultados 2017. México. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/309266/15ps_desarrolloagrario_territorialyurbano2017.pdf

_____ . 2016. Red de Ciudades Sustentables. Entrevista con la Dirección General de Desarrollo Urbano, Suelo y Vivienda de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. México.

SEDATU, CONAPO e INEGI. 2018. *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015.* México.

SEDESOL. 2012. Guía Municipal de Acciones frente al Cambio Climático. Con énfasis en Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. México. Secretaría de Desarrollo Social. http://www.inapam.gob.mx/es/SEDESOL/Documentos_de_Difusion_SEDESOL

_____ . 2015. Programa de Empleo Temporal. https: //www.gob.mx/sedesol/acciones-y-programas/programa-de-empleo-temporal

SEDESOL y CONAPO. 2012. *Catálogo Sistema Urbano Nacional 2012.* México.

SEMARNAT. 2014. El medio ambiente en México 2013 - 2014: Residuos sólidos urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. http://apps1.SEMARNAT.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/07_residuos/7_1_1.html 2014.

_____ . 2016. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282928/2015.pdf

SEMARNAT e INECC. 2012. *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* México.

_____ . 2017. *Programa de Gestión federal para Mejorar la Calidad del Aire en la Megalópolis "Proaire de la Megalópolis 2017-2030.* Ciudad de México: Comisión Ambiental de la Megalópolis.

SEMARNAT-SHCP. 2009. La Economía del Cambio Climático en México. semarnat-shcp.

_____ . 2018. México y su mercado de Carbono: Avances que ponen el ejemplo. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-y-su-mercado-de-carbono-avances-que-ponen-el-ejemplo.

SEMARNAT y MÉXICO2. 2017. Ejercicio de Simulación de Mercado de Carbono en México Reporte de resultados de la primera fase. México. http://www.mexico2.com.mx/uploadsmexico/file/Reporte%20General_Final_SIM_1.pdf

SENER . 2015. *Prospectiva del sector eléctrico 2015-2029*: Secretaría de Energía, México

_____ . 2018. Indicadores estadísticos del Programa Sectorial de Energía 2013-2018. México. Secretaría de Energía. https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/indicadores-estadisticos-del-programa-sectorial-de-energia-2013-2018

SEP. 2013. *Beca de Excelencia en la Contribución a tu Entorno 2013.* http: //cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/wb/BBUAP/beca_contribucion_entorno

SEP. 2017. Programa Sectorial de Educación 2013-2018: Avances y Resultados 2017. México. Secretaría de Educación Pública. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311742/11ps_educacionAyR2017P1.pdf

SEP-CNBES. 2014. Becas de Excelencia de Contribución a Tu Entorno. https: //www.becaseducacionsuperior.sep.gob.mx/files/resultados/Resultados_Excelencia_Entorno.pdf

Seppänen, O., W.J. Fisk, Q.H. Lei. 2006. "Ventilation and performance in office work." *Indoor Air* 16: 28-36. doi: 10.1111/j.1600-0668.2005.00394.x.

SHCP. 2018. Seguimiento de los Programas Transversales, Especiales, Sectoriales, Regionales e Institucionales derivados del PND 2013-2018. México. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. https://www.gob.mx/shcp/acciones-y-programas/seguimiento-de-los-programas-transversales-especiales-sectoriales-regionales-e-institucionales-derivados-del-pnd-2013-2018

SIAP. 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

2016. Atlas Agroalimentario 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016

2017. Atlas Agroalimentario 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2017/Atlas-Agroalimentario-2017

SISTEMAECO. 2017. Certificados de Energías Limpias (CEL´s) Impulsando la transición energética. https://sistemaeco.org/blog/2017/04/06/certificados-de-energias-limpias-cels-impulsando-la-transicion-energetica/

Smith, K. *et al.* 2014. "Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits." In C. Field, V. Barros, D. Dokeen, K. Mach, M. Mastrandrea, T. Bilir, . . . L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 709-754). Cambridge: Cambridge University Press.

Spiegelhalter, D. 2017. *Risk and Uncertainty Communication. Annual Review of Statistics and Its Application* 4: 31-60. doi: 10.1146/annurev-statistics-010814-020148.

Stern, N. 2007. *The economics of climate change: the Stern review.* Cambridge University Press. Cambridge.

_____ . 2013. "The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk onto Already Narrow Science Models." *Journal of Economic Literature* 51: 838-859. doi: 10.1257/jel.51.3.838.

Stocker, T.F. *et al.* 2013. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

STPS 2017. stps y oit ultiman detalles de reunión en México sobre migración laboral. Boletín No. 918. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México. https://www.gob.mx/stps/prensa/stps-y-oit-ultiman-detalles-de-reunion-en-mexico-sobre-migracion-laboral

Sustainalytics. 2016. Nacional Financiera S.N.C. Bono Verde: Resumen del marco y segunda opinión de Sustainalytics. México. Sustainalytics. https://www.nafin.com/portalnf/files/secciones/piso_financiero/pdf/relacion_con_inversionistas/green_bond/Marco_del_Bono_Verde_de_NAFIN_Opinion_de_Sustainalytics.pdf

Tang, K.K., D. Petrie, D.S.P.Rao. 2009. "The income-climate trap of health development: A comparative analysis of African and Non-African countries." *Social Science & Medicine* 69: 1099-1106. doi: 10.1016/J.SOCSCIMED.2009.07.016.

Tol, R.S.J. 2009. "The Economic Effects of Climate Change." *Journal of Economic Perspectives* 23: 29-51. doi: 10.1257/jep.23.2.29.

_____ . 2013. "The economic impact of climate change in the 20th and 21st centuries." *Climatic Change* 117: 795-808. doi: 10.1007/s10584-012-0613-3.

_____ . 2014. "Correction and Update: The Economic Effects of Climate Change†." *Journal of Economic Perspectives* 28: 221-226. doi: 10.1257/jep.28.2.221.

_____ . 2018. "The Economic Impacts of Climate Change." *Review of Environmental Economics and Policy* 12: 4-25. doi: 10.1093/reep/rex027.

UN-Habitat. 2009. *Planning sustainable cities - Global Report on Human Settlements 2009.* https: //doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Van den Bergh. J.C.J.M., W.J.W. Botzen. 2014. "A lower bound to the social cost of CO2 emissions." *Nature Climate Change* 4: 253-258. doi: 10.1038/nclimate2135.

Veolia. 2017. Comunicado de Prensa: México, 19 de abril de 2017: Veolia convertirá en energía los residuos de la Ciudad de México. https://www.veolia.com.mx/sites/g/files/dvc156/f/assets/documents/2017/04/Boletin_de_prensa_TermoMX_21.04.pdf

Villers, L., N. Arizpe, R. Orellana, C. Conde, J. Hernandez. 2009. "Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México." *Interciencia* 34: 322-329.

Weitzman, M.L. 2009. On "Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change." *Review of Economics and Statistics* 91: 1-19. doi: 10.1162/rest.91.1.1.

World Bank. 2012. *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development: Main report* (English). Washington, DC: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/368361468313515918/Main-report

World Bank. 2016. *International Bank of Reconstruction and Development project appraisal document on a proposed loanin the amount of US$100 million to the United Mexican States for a Municipal Energy Efficiency Project.* The World Bank. http: //documentos.bancomundial.org/curated/es/222971467992503902/pdf/PAD1193-PAD-P149872-R2016-0023-1-OUO-9.pdf

5

Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

5.1 Adaptación al cambio climático

México es un país particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático debido a su ubicación geográfica, su topografía y sus características socioeconómicas.

La inercia del sistema climático hace que los cambios del clima que se prevén en el futuro cercano sean en su mayoría inevitables, por lo que las acciones y estrategias de adaptación en el socioecosistema son necesarias y urgentes.

México reconoce que la adaptación es un componente fundamental en la respuesta mundial en el largo plazo frente a los impactos del cambio climático, y ha promovido de manera preponderante la importancia del componente de adaptación mediante su participación en negociaciones internacionales y en el desarrollo de instrumentos que vinculen los acuerdos internacionales con la política nacional. Un ejemplo de ello es su contribución nacionalmente determinada (CND) (toda vez que fue el primer país en desarrollo en presentar sus compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), que integran un apartado específico de adaptación y, de manera sobresaliente, una sección de adaptación basada en ecosistemas. De igual forma, ha hecho visible la necesidad de articular las acciones en los contextos nacional, estatal y local con otras agendas internacionales como: el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Desde 2012, a partir de la publicación de la Ley General de Cambio Climático reportada en la *Quinta Comunicación Nacional*, se han realizado avances en el país en materia de instrumentos y arreglos institucionales. Se han establecido principios de concurrencia, concertación y corresponsabilidad para facilitar procesos de adaptación al cambio climático acordes con el desarrollo sostenible en el mediano y largo plazos.

Actualmente se cuenta con la *Estrategia nacional de cambio climático* Visión 10-20-40, el *Programa especial de cambio climático* 2014-2018, y

avances en los programas de cambio climático estatales y municipales, que consideran acciones para la adaptación a este fenómeno. Estos instrumentos tienen como objetivo favorecer puntos de encuentro entre políticas sectorizadas para fortalecer respuestas integrales y transversales que consoliden la política nacional de cambio climático.

Asimismo, para robustecer las bases conceptuales y metodológicas, México ha desarrollado una propuesta de elementos clave del proceso de adaptación al cambio climático, que considera cuatro fases generales: *1)* análisis de las vulnerabilidades actual y futura; *2)* diseño de medidas de adaptación; *3)* implementación de las medidas de adaptación, y *4)* monitoreo y evaluación. Estas fases consideran, de manera inherente e ineludible, la participación social y de actores clave, la perspectiva de género y el respeto de los derechos humanos con el fin de lograr una adaptación efectiva ante el cambio climático y contribuir a la disminución de las brechas de desigualdad existentes en el país.

La generación de conocimiento en torno de la vulnerabilidad ante el cambio climático (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) se ve reflejada en diversos estudios y diagnósticos —desarrollados por instituciones académicas, gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil—, acerca de múltiples temáticas relacionadas con el comportamiento del clima cambiante y sus impactos en el territorio, al tiempo que se refuerzan con información de las condicionantes contextuales propias de los sistemas naturales y sociales.

En la presente comunicación nacional se destaca la elaboración del *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* como herramienta que contribuye a orientar la toma de decisiones y promueve la focalización de acciones en materia de adaptación al cambio climático.

En el plano de la implementación de acciones de adaptación destaca el compromiso de las instituciones del gobierno federal que integran la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, las cuales buscan contribuir a los compromisos adquiridos como país en materia de cambio climático. Asimismo, se presentan algunos proyectos emblemáticos que han sido exitosos en la implementación de medidas con enfoque de adaptación basada en ecosistemas (AbE) que han considerado la participación comunitaria y la incorporación del enfoque de género; de estos proyectos se comentan las principales lecciones aprendidas, aunado a que se están generando criterios que contribuyan a la evaluación de las medidas de adaptación en el país.

México también cuenta con avances en los mecanismos de financiamiento internacional y nacional orientados a la generación de esquemas que impulsen la sostenibilidad económica ante los grandes retos que implica la política nacional de cambio climático; el objetivo de los mismos es reducir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad adaptativa, al tiempo que se intenta proteger y conservar ecosistemas vitales.

El presente capítulo muestra el avance que ha tenido el país con respecto a lo reportado en su última comunicación, ya que aborda nuevos temas, como el análisis de fenómenos hidrometeorológicos extremos, estudios en paleoclimas y escenarios de aumento del nivel del mar, y las experiencias y lecciones aprendidas en la implementación de medidas de adaptación.

Finalmente, los avances reportados en esta *Sexta Comunicación Nacional* permiten visualizar que existe un importante trabajo institucional y, a la vez, que hay brechas por cubrir y áreas de oportunidad para que la planeación integral del territorio se base en que el clima está cambiando y se promueva una verdadera acción conjunta que atienda a los compromisos derivados del Acuerdo de París y conciba una gobernanza climática que reconozca las condiciones específicas de país en los aspectos ambientales, climáticos y socioeconómicos.

Política nacional y contexto internacional en materia de adaptación al cambio climático

Política nacional

México ha impulsado la construcción de un andamiaje institucional y de instrumentos de política pública para dar cumplimiento a los objetivos nacionales e internacionales en materia de adaptación, con el fin de hacer frente al cambio climático.

México ha incluido compromisos de adaptación al cambio climático en sus instrumentos rectores de planeación —la *Estrategia nacional de cambio climático* (ENCC), el *Programa especial de cambio climático* (PEEC), los cuales están enmarcados en la Ley General de Cambio Climático (LGCC).

Existen arreglos institucionales que articulan políticas sectorizadas, constituyendo los cimientos para la transversalidad de las respuestas ante los efectos del cambio climático.

Ley General de Cambio Climático (LGCC)

México ha manifestado un fuerte impulso en la agenda de cambio climático, mediante la construcción del andamiaje institucional que contribuya al cumplimiento de los objetivos, tanto nacionales como internacionales, para hacer frente al cambio climático. Un ejemplo de ello es la Ley General de Cambio Climático (LGCC) que, junto con otras disposiciones como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, tiene entre sus objetivos garantizar el cumplimiento del derecho a un medio ambiente sano como se mandata en el Art. 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Además, la LGCC rige la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como las directrices en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. En materia de adaptación tiene los objetivos de disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de las poblaciones humanas ante los efectos adversos del cambio climático, así como aumentar la resiliencia de los ecosistemas.

Las temáticas sobre recursos hídricos; agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y acuacultura; ecosistemas y biodiversidad; energía, industria y servicios; infraestructura de transporte y comunicaciones; ordenamiento ecológico, desplazamiento interno de personas por cambio climático, asentamientos humanos y desarrollo urbano; salud y su infraestructura, y gestión integral del riesgo son consideradas por la LGCC como los ámbitos de actuación para la adaptación al cambio climático, los cuales están sectorizados según diferentes políticas. Adicionalmente se establecen los cimientos para la transversalidad de las acciones de adaptación al cambio climático y para apoyar la toma de decisiones, fortalecidas por un marco legal que respalda la integralidad, coordinación y cooperación interinstitucional e intergubernamental, a las que ha de sumarse la participación corresponsable de los sectores social y privado.

Algunos de estos avances de transversalización se hacen evidentes en la Ley General de Salud, que enuncia la necesidad de integrar estrategias de adaptación al cambio climático, aunadas a la atribución de la Secretaría de Salud de determinar y evaluar riesgos sanitarios derivados del cambio climático (DOF, 1984, última reforma 2018).

Por su parte, en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano se integró la concertación de acciones e inversiones para que, entre otros temas, se apliquen tecnologías que preserven y restauren el equilibrio ecológico, protejan el ambiente, impulsen las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización (DOF, 2016).

Otros mecanismos que promueven la concurrencia de acciones de gobierno, tanto federal como estatal, para la disminución de la vulnerabilidad al cambio climático, aumentar la capacidad adaptativa y fortalecer la resiliencia, son los instrumentos de planeación descritos en la LGCC, tales como la *Estrategia nacional de cambio climático* (ENCC), el *Programa*

especial de cambio climático (PECC) y los programas estatales de cambio climático. Todos ellos alineados entre sí y con el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (véase el capítulo 1).

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) y su grupo de trabajo de políticas de adaptación (GT-ADAPT)

La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) forma parte de los arreglos institucionales necesarios para coordinar y hacer vinculante la agenda de cambio climático en las políticas públicas de las dependencias y entidades de la administración pública federal (APF) (véase el capítulo 1).

Con la Ley General de Cambio Climático (2012), la CICC cuenta con un fundamento legal para funcionar de manera permanente y fortalecer los mecanismos que dan sustento a la transversalidad e integralidad de las políticas de cambio climático, mediante la promoción y la coordinación de acciones entre dependencias y el desempeño de un papel relevante en la formulación e instrumentación de la política nacional de adaptación (DOF, 2012, última reforma 2018).

La CICC se apoya en grupos de trabajo que coadyuvan en el cumplimiento de sus atribuciones, entre los que se encuentra el grupo de trabajo de políticas de adaptación (GT-ADAPT). Este grupo cuenta con la representación de un integrante designado por cada una de las 14 secretarías de Estado que integran la CICC, además de tener como invitados permanentes a representantes del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES) (CICC, 2017).

Estrategia nacional de cambio climático Visión 10-20-40 (ENCC)

Publicada en 2013, la ENCC es el instrumento de planeación que traza la visión de la política nacional de cambio climático en el mediano y largo plazos (10-20 y 40 años), y enmarca las prioridades nacionales que orientarán la planeación en el corto plazo, a través del PECC.

Los tres ejes estratégicos en materia de adaptación son:

A1. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático

Este eje consta de 13 líneas de acción encaminadas a reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la población, a fin de contribuir a mejorar su calidad de vida mediante la atención inmediata y expedita de zonas impactadas por eventos relacionados con cambio climático, protección del patrimonio, mantenimiento de los servicios ecohidrológicos y con ello brindar acceso a la disponibilidad y calidad del agua, reducción de riesgos a la salud derivados del cambio climático, e inclusión del enfoque de género en estrategias de reducción de vulnerabilidad social, entre otros.

A2. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático

Eje con doce líneas de acción para fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático de los sistemas productivos y de la infraestructura estratégica mediante el desarrollo de evaluaciones periódicas de vulnerabilidad, integración de criterios de adaptación en programas productivos, implementación de técnicas y tecnologías que fomenten el uso eficiente de los recursos y permitan la gestión de riesgos, incorporación de criterios de cambio climático en la planeación y construcción de nueva infraestructura, por mencionar algunos.

A3. Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen

Consta de 16 líneas de acción orientadas a la promoción de políticas e instrumentos para

la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas con el fin de garantizar los servicios que proveen a la sociedad, reforzar la atención a problemáticas exacerbadas por cambio climático y fomentar la adaptación considerando la participación social.

El primer avance del gobierno de México para dar cumplimiento a estos ejes estratégicos fue la elaboración del PECC, en 2014, como instrumento de planeación para hacer operativa la ENCC.

Adicionalmente, las distintas dependencias de la administración pública federal han realizado acciones que contribuyen al avance del cumplimiento de los tres ejes estratégicos en materia de adaptación de la ENCC, mismas que se pueden consultar en el subapartado Iniciativas Institucionales de Adaptación.

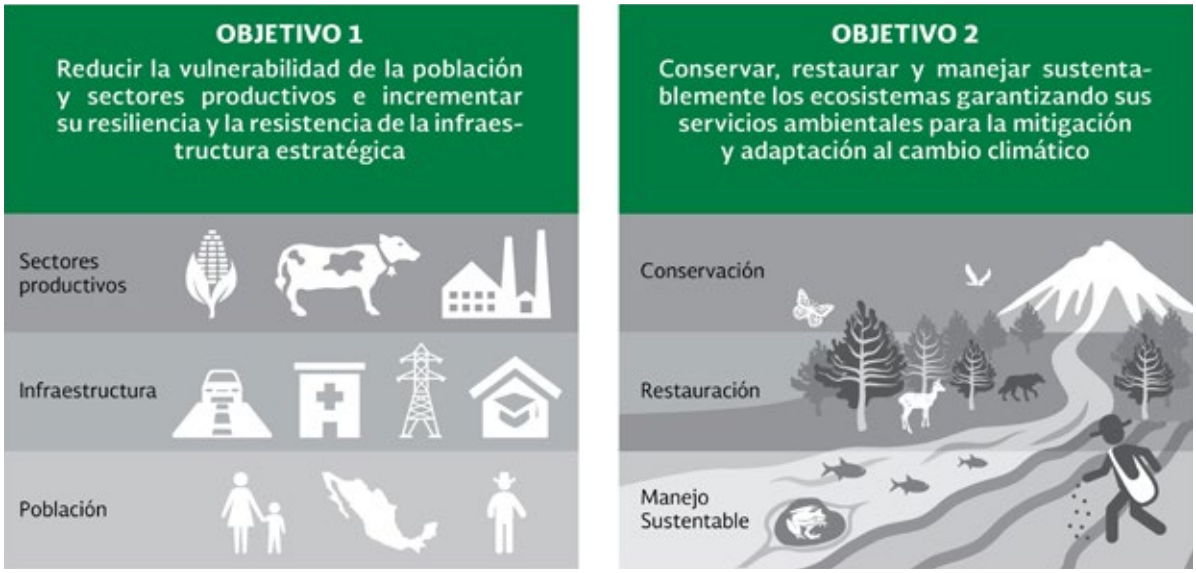
Programa especial de cambio climático 2014-2018 (PECC)

Publicado en 2014, el PECC es un instrumento de planeación concurrente y transversal que contiene los objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el cambio climático mediante la definición de prioridades en materia de adaptación, mitigación e investigación, mismas que las dependencias de la administración pública federal que conforman la CICC.

En el PECC 2014-2018 se definen dos objetivos relacionados con la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático y la adaptación al mismo (**Figura 5.1**), los cuales cuentan con 10 estrategias y 77 líneas de acción.

En cuanto al objetivo 1, se ha avanzado en el desarrollo y consolidación de instrumentos de importancia fundamental para la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático. En cuanto a la caracterización de la vulnerabilidad, el INECC elaboró el *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* (http://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx) para evaluar la vulnerabilidad actual y futura de la población humana, las actividades productivas, la infraestructura y el capital natural, y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) consolidó el Atlas Nacional de Riesgos (http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/) con información desagregada por género y se desarrolló un inventario de zonas con potencial de alto riesgo ante fenómenos naturales. Se realizó un diagnóstico nacional de la cobertura de los sistemas de alerta temprana (SEGOB) y se inició el diseño de un sistema de alerta

Figura 5.1. **Objetivos del *Programa especial de cambio climático* en materia de adaptación**



Fuente: DOF, 2014.

temprana de enfermedades relacionadas con el cambio climático (COFEPRIS). Se han puesto en operación estaciones meteorológicas y mareográficas. En el sector agrícola se avanzó en la elaboración del atlas municipal de vulnerabilidad ambiental actual de la ganadería al cambio climático y se apoyó la reconversión de cultivos para aumentar la resiliencia del productor agropecuario. En el sector turístico se elaboró el "Estudio de vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático" en destinos turísticos prioritarios. Se elaboraron programas de prevención contra contingencias hidráulicas, de medidas preventivas y mitigación de la sequía. Se revisó la infraestructura del sector salud para identificar sitios de alto riesgo, a fin de incorporar criterios que disminuyan su vulnerabilidad. Se conformó el Grupo de Trabajo de Cambio Climático y Salud en el país, orientado a la prevención y atención de riesgos sanitarios ante los efectos del cambio climático. Se elaboró el programa de adaptación al cambio climático en la Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales (SEMARNAT, 2014, 2015, 2016).

Con respecto al objetivo 2, se llevó a cabo la reforestación en microcuencas; se logró la integración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas (ANP); mediante proyectos de restauración forestal se contribuyó a la captura de carbono; se creó la Plataforma de Información Climática de la CONANP; concluyó la integración de la Estrategia Nacional REDD+ (ENAREDD+); se sistematizó la información de pago de conservación *in situ* del Programa de Conservación de Maíz Criollo; se implementaron instrumentos para el manejo sustentable de la biodiversidad en territorios prioritarios del Corredor Biológico Mesoamericano; se desarrolló y sistematizó información para identificar hábitats prioritarios y evaluar su conectividad para la conservación de biodiversidad ante el cambio climático; se avanzó en el desarrollo de instrumentos que coadyuvarán al fomento sustentable y la reducción de emisiones de las actividades agropecuarias, forestales y pesqueras; se introdujeron prácticas de agricultura de conservación; se apoyó a productores agrícolas para la adopción de tecnologías sustentables; se apoyaron proyectos para la conservación, caracterización, aprovechamiento y/o reproducción de cultivos nativos, básicos o estratégicos; se establecieron zonas de refugio pesquero; se desarrollaron proyectos en materia de bioenergía y sustentabilidad. También se generó el índice de vulnerabilidad de especies ante el cambio climático y se publicó la información satelital para la alerta temprana de incendios forestales; se avanzó en la restauración y gestión integral de cuencas mediante el incremento y focalización de la superficie que incorpora el pago por servicios ambientales, y a través del establecimiento de cuencas con decreto de reserva de agua superficial para la protección ecológica; se documentaron las experiencias internacionales para estudiar la acumulación de carbono en suelos, así como los métodos para evaluar su almacenamiento, usos y principales cambios; se llevaron a cabo acciones para la protección y conservación del medio ambiente marino; se concluyó el Sistema Nacional de Salvaguardas Sociales y Ambientales (SEMARNAT, 2014, 2015, 2016).

Es así que México ha avanzado en el cumplimiento de objetivos nacionales mediante acciones de evaluación de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, impulsadas por las distintas dependencias de gobierno (véanse los apartados "Vulnerabilidad actual y futura de México" y "Diseño e implementación de acciones").

México ha impulsado estrategias, programas y proyectos que promueven las sinergias entre mitigación y adaptación, tal y como se establece en el objetivo 2 del PECC.[1] Estas acciones promueven el mantenimiento de los servicios ambientales, el incremento y la preservación de sumideros naturales de carbono, la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal como parte del mecanismo de REDD+, entre otros, y pueden consultarse en el subapartado "Iniciativas institucionales de adaptación".

[1] Estrategia 2.3. Implementar prácticas agropecuarias, forestales y pesqueras sustentables que reduzcan emisiones y disminuyan la vulnerabilidad de los ecosistemas; Estrategia 2.4. Desarrollar instrumentos que promuevan sustentabilidad y reducción de emisiones de actividades agropecuarias, forestales y pesqueras, y disminuir la vulnerabilidad ecosistémica.

Programas de las entidades federativas en materia de cambio climático

La participación, concurrencia y coordinación de los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal) son elementos clave para la consolidación de la política nacional de cambio climático de México.

En este sentido, las entidades federativas tienen la responsabilidad de desarrollar sus programas de cambio climático para formular, conducir y evaluar su política en la materia, en concordancia con la política nacional, además de incluir diagnósticos de vulnerabilidad actual y futura, y de capacidad adaptativa al cambio climático, y de definir acciones de adaptación al cambio climático que cuenten con indicadores que permitan su monitoreo y evaluación.

Con el propósito de apoyar a las entidades federativas en el desarrollo de estos Programas, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) elaboraron el documento denominado: "Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas" (SEMARNAT-INECC, 2015), que aporta los elementos de contenidos mínimos y las bases para una estandarización de los programas. La primera versión se presentó en el año 2013 y la última actualización se llevó a cabo en noviembre de 2015.

El documento mencionado brinda el marco conceptual del proceso y los enfoques para la adaptación y la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, así como las características de diseño y selección que deberán cumplir las medidas de adaptación; asimismo destaca la importancia de la participación social y el enfoque de género (véase el apartado "Marco conceptual del proceso de adaptación al cambio climático en México").

Política municipal de cambio climático

La LGCC da atribución a los municipios para la formulación, conducción y evaluación de su política de cambio climático, misma que deberá guardar congruencia con las directrices del Programa Nacional de Desarrollo, la ENCC, el PECC y los programas estatales de cambio climático, además de otras disposiciones legales (CPEUM y leyes estatales y municipales).

Aunque la LGCC no menciona de manera explícita la realización de programas municipales de cambio climático como instrumentos de planeación, no se ha limitado el compromiso de los gobiernos para desarrollar estos instrumentos de política vinculados a sus legislaciones estatales y municipales.

Para apoyar el tema de cambio climático en la integración de la agenda municipal, se han gestado Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN®), promovidos por diversas redes internacionales como ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, con financiamiento de la Embajada Británica en México, así como por el gobierno federal con recursos del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF). Hasta el año 2014 existían 348 municipios inscritos en dicha iniciativa, de los cuales 63 contaban con su PACMUN® concluido y 285 estaban en proceso (ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, 2015). El PACMUN® no es un instrumento establecido por la LGCC o por las legislaciones locales.

Otro ejemplo son los Programas de Acción Climática Delegacionales (PACDEL), apoyados por el Gobierno de la Ciudad de México, por conducto de su Secretaría del Medio Ambiente, y que funcionan como mecanismos de instrumentación de la política climática local. Hasta mediados de 2018, 10 de las 16 alcaldías de la Ciudad de México cuentan con este instrumento (SEDEMA, 2018).

Se ha identificado como área de oportunidad la articulación del cambio climático con los instrumentos de política de Protección Civil, Estrategias de Biodiversidad, Atlas de Riesgos, Ordenamientos Territoriales, entre otros, así como el fortalecimiento de la adaptación al cambio climático en el ámbito municipal.

Contexto internacional

México fue el primer país en desarrollo en incorporar un apartado de adaptación en su contribución nacionalmente determinada (CND), en el que incluyó objetivos mensurables y una sección sobre adaptación basada en ecosistemas (AbE).

México está trabajando el tema de cambio climático con una visión de largo plazo, lo cual está previsto en la *Estrategia nacional de cambio climático* Visión 20-30-40 y en la contribución nacionalmente determinada (CND). Asimismo, refrendó este compromiso en el ámbito internacional con la Estrategia de Medio Siglo presentada en la COP 22.

El país ha tenido participación activa en las Conferencias de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), lo que ha brindado la oportunidad de ser parte de un momento histórico con la adopción del Acuerdo de París en 2015, en el que se reconoce que la adaptación al cambio climático es una meta global para la cual se deben impulsar respuestas que aumenten la capacidad de adaptación, fortalezcan la resiliencia y reduzcan la vulnerabilidad al cambio climático, a fin de contribuir al desarrollo sostenible.

Los compromisos adquiridos en la CND se fortalecerán con la elaboración e implementación del Plan Nacional de Adaptación (NAP, por sus siglas en inglés).

Contribución nacionalmente determinada (CND) en materia de adaptación

El 27 de marzo de 2015, México presentó ante la CMNUCC su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional 2020-2030 (INDC, por sus siglas en inglés), mismas que con la ratificación del Acuerdo de París cambian de denominación a Contribución Nacionalmente Determinada 2020-2030 (CND). De esta forma, México se convirtió en el primer país en desarrollo en presentar su CND y el primero en incorporar una sección de adaptación basada en ecosistemas (AbE).

El componente de adaptación establece como prioridades la protección de la población ante los diversos impactos del cambio climático, el incremento de la resiliencia de la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos, así como la conservación y la gestión sostenible de los ecosistemas que albergan nuestra biodiversidad y nos proveen de servicios ambientales; esto último de conformidad con el enfoque de AbE. Aunado a lo anterior, se plantean como ejes transversales los enfoques de equidad de género, de derechos humanos y el fomento de sinergias entre acciones de adaptación y mitigación. En la **Tabla 5.1** se muestran los tres componentes de adaptación y sus respectivas acciones.

Sistemas de alerta temprana en México y su vinculación con la CND

Las reformas y adiciones efectuadas a la LGCC durante 2018 forman parte de las bases que garantizan que México contribuya en el cumplimiento de los objetivos y metas del Acuerdo de París, mediante la vinculación entre la política nacional de cambio climático y los acuerdos internacionales, aunado al reconocimiento de la política nacional de adaptación y las CND como instrumentos de planeación de la política nacional de cambio climático.

Para dar atención y respuesta a los efectos adversos del cambio climático, la LGCC incorpora los *sistemas de alerta temprana* (SAT), entendidos estos como el "*Conjunto de instrumentos de medición y monitoreo terrestre, marino, aéreo y espacial, que, organizados armónicamente con el Sistema Nacional de Protección Civil, pueden advertir a la población, de manera expedita y a través de medios electrónicos de telecomunicación, sobre su situación de vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos extremos relacionados con el cambio climático*". Los SAT propuestos contarán con la acción coordinada entre la Secretaría de Gobernación, el Sistema Nacional de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y el Servicio Meteorológico Nacional (DOF, 2012, última reforma 2018).

Estas adiciones al marco legal dan soporte a la política nacional de adaptación al cambio climático y refuerzan las acciones que se suscribieron en la CND, específicamente en lo relacionado con la *Adaptación del sector social ante el cambio climático*.

El gobierno mexicano cuenta con valiosos antecedentes respecto de los SAT, como es el caso del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales

Tabla 5.1. Metas y acciones de adaptación incluidas en la CND de México

Adaptación del sector social ante el cambio climático	Adaptación basada en ecosistemas	Adaptación de la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos
Nueve acciones	**Seis acciones**	**Seis acciones**
i. Garantizar la seguridad alimentaria y de acceso al agua ante las crecientes amenazas climáticas mediante la gestión integral de la cuenca, la conservación de la biodiversidad y de los suelos. ii. Asegurar la capacitación y participación de la sociedad, comunidades locales, grupos indígenas, mujeres, hombres, jóvenes, organizaciones civiles y sector privado en la planeación de la política nacional, estatal y municipal de cambio climático. iii. Reducir la vulnerabilidad de la población e incrementar su capacidad adaptativa mediante los sistemas de alerta temprana y gestión de riesgo, así como de sistemas de monitoreo hidrometeorológico, en todos los órdenes de gobierno. iv. Fortalecer la capacidad adaptativa de la población mediante mecanismos transparentes e incluyentes de participación social, diseñados con enfoque de género y derechos humanos. v. Reducir la vulnerabilidad de la población mediante instrumentos de planeación territorial y gestión del riesgo, como el *Atlas nacional de vulnerabilidad y el Atlas nacional de riesgos*. vi. Invertir en la proporción del financiamiento y en incrementarla para la prevención de desastres hidrometeorológicos con respecto al de la atención de desastres. vii. Prevenir las enfermedades exacerbadas por el cambio climático mediante el sistema de alerta temprana con información epidemiológica. viii. Reducir en al menos 50% el número de municipios clasificados como más vulnerables en el PECC 2014-2018 y evitar que otros entren en esta categoría. ix. Reubicar asentamientos humanos irregulares en zonas de riesgo de desastres mediante la regulación del uso del suelo.	i. En el 2030, alcanzar una tasa 0% de deforestación. ii. Reforestar las cuencas altas, medias y bajas, con especial atención en las zonas riparias y especies nativas del área. iii. Conservar y restaurar los ecosistemas para incrementar la conectividad ecológica entre todas las áreas naturales protegidas y otros esquemas de conservación mediante corredores biológicos y actividades productivas sustentables. Este enfoque tomará en cuenta la participación equitativa de la población y tendrá una orientación territorial. iv. Incrementar sustancialmente los Programas de Acción y Conservación de Especies para fortalecer la protección de especies prioritarias ante los impactos negativos del cambio climático. v. Aumentar la captura de carbono y fortalecer la protección costera con la implementación de un esquema de conservación y recuperación de ecosistemas marinos y costeros, como arrecifes, manglares, pastos marinos y dunas. vi. Garantizar la gestión integral del agua en sus diferentes usos (agrícola, ecológico, urbano, industrial, doméstico).	i. Ejecutar programas de reubicación de infraestructura que se localice en zonas de alto riesgo en destinos turísticos prioritarios e instrumentar acciones de restauración de los sitios desocupados. ii. Incorporar criterios de adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión pública que consideren construcción y mantenimiento de infraestructura. iii. Garantizar el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales, asegurando la cantidad y buena calidad del agua, en asentamientos humanos mayores a 500,000 habitantes, y monitorear su funcionamiento. iv. Aplicar la norma de especificaciones de protección ambiental y adaptación ante los efectos adversos del cambio climático en la planeación, diseño, construcción, operación y abandono de desarrollos inmobiliarios turísticos en ecosistemas costeros. v. Garantizar la seguridad de presas y obras de infraestructura hidráulica estratégica, así como la de comunicaciones y transportes. vi. Fortalecer la diversificación agropecuaria sustentable mediante la conservación de germoplasma y maíces nativos, confort térmico en ganado, desarrollo de agroecosistemas, y la integración de criterios de cambio climático en los programas agrícolas y pecuarios.

Fuente: Gobierno de la República (2015). http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf

(SIAT-CT)[2] (véase el apartado "El clima en México"), así como la adquisición, operación y mantenimiento de estaciones de monitoreo de información meteorológica a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de la Secretaría de Marina (SEMAR), y de la red de estaciones mareográficas de la SEMAR, que forman parte de los sistemas de observación más importantes de México.

Otras acciones que se suman a los esfuerzos para fortalecer los SAT en temas específicos relacionados con el cambio climático son:

- Sistema de Alerta Temprana para padecimientos relacionados con cambio climático en el sector salud (SALUD/COFEPRIS, 2017).
- Investigaciones como la que realiza el Instituto Nacional de Salud Pública denominada "Evaluación de índices climáticos globales y dengue en Veracruz", la cual tiene como objetivo incorporar los hallazgos a sistemas de alerta temprana (SALUD/COFEPRIS, 2017).
- La realización del proyecto Sistema de Alerta Temprana de Información Agroclimática para la Toma de Decisiones, que impulsa la SAGARPA y el Centro de Información de Mercados Agroalimentarios (CIMA) (SAGARPA, 2016).
- La implementación de los 32 sistemas de pronósticos de ríos que operan a través del Programa Nacional contra Contingencias Hidráulicas (CONAGUA, 2017).
- La actualización quincenal del Monitor de Sequía que forma parte del Programa Nacional Contra la Sequía (CONAGUA, 2017).
- El proyecto "Condiciones Meteorológicas y Sinópticas Desencadenantes de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Calidad del Aire en las Zonas Metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y Valle de México" (INECC-PNUD, 2017f), el cual genera información relevante que se vuelve un insumo para alertas tempranas; en este caso de calidad del aire, al relacionar los altos niveles de contaminación y las condiciones sinópticas estacionales prevalecientes.

Si bien estos avances brindan un panorama del funcionamiento de los SAT, también es importante hacer evidentes los retos implicados en la implementación de los mismos, tales como:

- la formación de recursos humanos que brinden información especializada sobre condiciones climáticas, así como de los que brinden asistencia ante una situación de emergencia;
- la necesidad de ampliar la infraestructura de monitoreo meteorológico y mareográfico, y asegurar su adecuado mantenimiento;
- la generación de investigación que asocie los impactos y la vulnerabilidad al cambio climático a la que está expuesta la población, la infraestructura y los sistemas productivos;
- la identificación y el análisis de las condiciones económicas, culturales y sociodemográficas que son factores determinantes en los modos de vida de la población y en las formas de actuación frente a un evento hidrometeorológico extremo;
- el fomento de esquemas de comunicación y alerta incluyentes (socioculturales, con perspectiva de género y accesibles a personas con capacidades diferentes);
- la promoción de estructuras organizativas comunitarias y locales que faciliten la capacidad de respuesta de manera expedita ante un situación de emergencia o desastre desencadenada por eventos hidrometeorológicos extremos y por cambios graduales en las condiciones climáticas, y
- el fomento de acciones preventivas que mejoren las condiciones del entorno y que minimicen los efectos del cambio climático, como la adaptación basada en ecosistemas.

Plan Nacional de Adaptación

En el 2018, el gobierno de México inició las gestiones para la formulación de su Plan Nacional de Adaptación (NAP, por sus siglas en inglés). De manera coordinada con el INECC y la SEMARNAT, sometió una propuesta al Readiness and Preparatory Support

[2] SIAT-CT SINAPROC-SEGOB. Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales. Disponible en: http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/62/1/images/siatctnueva.pdf

Programme del Green Climate Fund (GCF) para la obtención de financiamiento de su NAP.

Con ello se pretende: *a)* reducir la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático mediante el fomento de la capacidad de adaptación y de la resiliencia, y *b)* facilitar la integración de la adaptación al cambio climático, de manera coherente, en las políticas, las actividades y los programas pertinentes, nuevos y ya existentes, particularmente en los procesos y estrategias de planificación del desarrollo, en todos los sectores en que corresponda y a diferentes niveles, según proceda. Lo anterior, tal y como se estableció en las COP 16 y 17.[3]

Con la formulación y ejecución de su NAP, México dará cumplimiento al Acuerdo de París en lo concerniente a emprender procesos de planificación de la adaptación y adoptar medidas como la formulación o mejora de los planes, políticas y/o contribuciones pertinentes, y tomará en cuenta las decisiones adoptadas por la CMNUCC en las COP 21 y 22, que han alentado a las Partes a transmitir sus productos y resultados.[4]

En este contexto y como primer paso, el gobierno de México organizó, en junio de 2017 en la Ciudad de México, en colaboración con el NAP Global Network, el Foro Internacional de Temas Focalizados "Financiando Procesos de Planes Nacionales de Adaptación: Opciones para la Implementación", en el que participaron los responsables de la formulación de políticas públicas y expertos en adaptación de diversos países.[5] En este foro se analizaron opciones para integrar el financiamiento del NAP en el presupuesto nacional, así como opciones de financiamiento internacional, como el Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés).

Aunado a los avances relacionados con adaptación al cambio climático de las CND, el gobierno mexicano reconoce la importancia de articular su agenda internacional para fortalecer el cumplimiento de sus compromisos de adaptación, enlazarlos con los objetivos derivados de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 y con las metas establecidas en los Convenios sobre Diversidad Biológica y de Lucha contra la Desertificación, así como en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Algunos avances en esta materia se mencionan a continuación:

Articulación de la agenda de adaptación al cambio climático con otros acuerdos internacionales

Como signatario de diversos acuerdos internacionales, México ha avanzado en el cumplimiento de metas globales de adaptación al cambio climático y desarrollo sostenible, y ha enmarcado su política nacional de adaptación a partir de la visión y los objetivos de dichos acuerdos. Por ejemplo:

- Atiende la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual incluye 17 objetivos y ha marcado la pauta para la alineación de programas y acciones gubernamentales a fin de alcanzar las metas globales, incluidas todas aquellas que contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático (véase el subapartado "Iniciativas institucionales de adaptación").
- Participa en la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación, con el fin de hacer frente a la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados por sequía grave o desertificación, mediante el trabajo conjunto para abordar la mitigación y la adaptación al cambio climático, y proponer acciones encaminadas a disminuir los impactos en tierras productivas y en ecosistemas.
- Contribuye con el Convenio sobre la Diversidad Biológica y las metas de Aichi para la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se derivan de la utilización de los recursos genéticos, metas que

[3] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. COP 16 (2010): decisión 1/CP.16; y COP 17 (2011): decisión 5/CP.17

[4] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. COP 21 (2015): decisión 4/CP.21; y COP 22 (2016): decisión 6/CP.22

[5] Benín, Camboya, Colombia, Madagascar, México, Islas Salomón, Sudáfrica, Tanzania, Tailandia y Vanuatu.

están fuertemente relacionadas con el componente de adaptación basada en ecosistemas de la CND de México. El cumplimiento de los compromisos derivados de estos dos instrumentos ha representado la posibilidad de generar sinergias y complementar el trabajo transversal entre dependencias de los tres órdenes de gobierno y otros sectores.

- Considera el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, el cual hace visible la integración del cambio climático y la protección de los servicios ecosistémicos como parte de sus cuatro ejes prioritarios (UNISDR, 2015). Como parte de los compromisos y avances realizados al respecto, México fue anfitrión de la Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres 2017, que se llevó a cabo en mayo en Cancún, Quintana Roo, y que contó con la participación de 6,000 representantes de 189 países. En dicho acontecimiento se destacó la necesidad de establecer estrategias integradas y coherentes, de carácter nacional y local, que posibiliten alcanzar el cumplimiento de los objetivos y metas de reducción de riesgos de desastres y de adaptación al cambio climático, de conformidad con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Es en el marco de su política nacional y de sus compromisos internacionales para enfrentar el cambio climático que México ha formulado un marco conceptual en materia de adaptación, mismo que representa un avance para el país porque ha permitido: homologar conceptos en los temas de adaptación y vulnerabilidad al cambio climático entre distintos sectores y órdenes de gobierno; definir las etapas en el proceso de adaptación; establecer los enfoques nacionales para la adaptación; desarrollar una metodología para el análisis de la vulnerabilidad; incorporar el enfoque de género y participación social en todo el proceso de adaptación al cambio climático.

Marco conceptual del proceso de adaptación al cambio climático en México

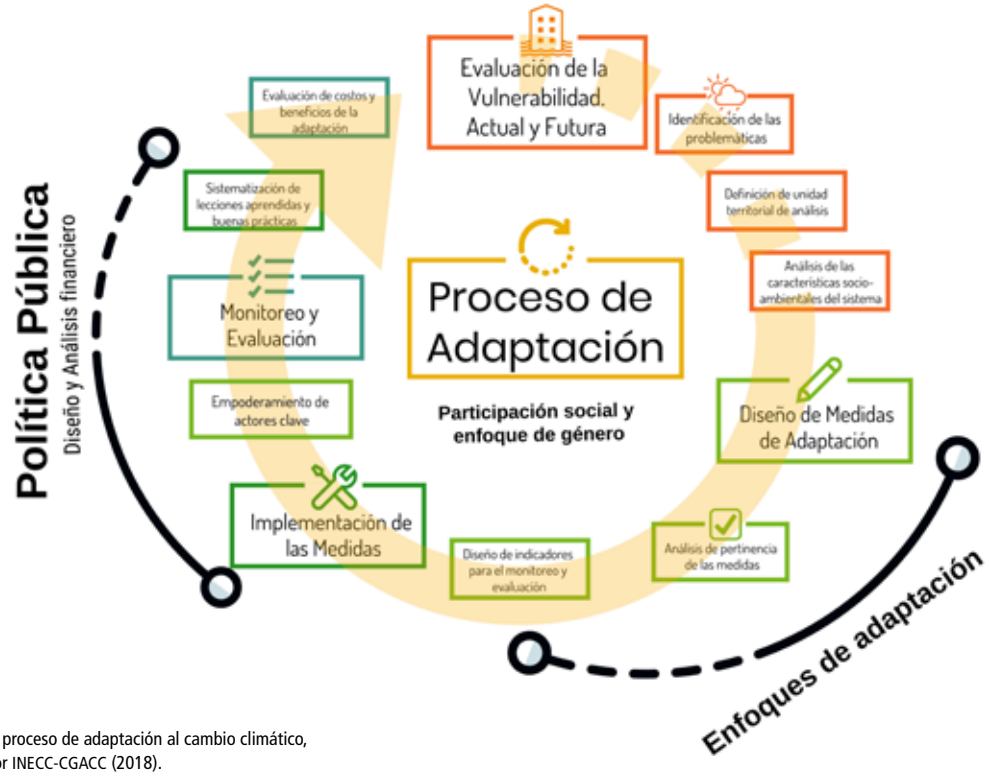
México ha adoptado y desarrollado un marco conceptual del proceso de adaptación al cambio climático que incluye cuatro fases generales: 1) *análisis de la vulnerabilidad actual y futura;* 2) *diseño de medidas de adaptación;* 3) *implementación de las medidas de adaptación, y* 4) *monitoreo y evaluación.*

El país ha destacado la importancia de la adaptación al cambio climático, ya que, si las emisiones disminuyeran drásticamente en la próxima década, la adaptación seguirá siendo necesaria para hacer frente a los cambios globales que ya se han puesto en marcha.

La LGCC define la adaptación al cambio climático como "las medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos" (DOF, 2012, última reforma 2018).

En 2015 se elaboró el documento "Elementos mínimos para la elaboración de los programas de cambio climático de las entidades federativas" (SEMARNAT-INECC, 2015), con la intención de fortalecer el desarrollo de los programas estatales de cambio climático, ya que son actores fundamentales en la construcción y fortalecimiento de la política nacional de cambio climático. En este documento se plantea el marco conceptual del proceso de adaptación, que consta de cuatro etapas: *1)* evaluación de la vulnerabilidad; *2)* diseño de medidas de adaptación; *3)* implementación de medidas de adaptación; *4)* monitoreo y evaluación de la adaptación (**Figura 5.2**).

Figura 5.2. **Esquema del proceso de adaptación al cambio climático**



Esquema del proceso de adaptación al cambio climático,
Elaborado por INECC-CGACC (2018).

Evaluación de la vulnerabilidad

México ha adoptado la definición de vulnerabilidad del IPCC (2007) y la ha incorporado en su legislación nacional. De acuerdo con ello, la vulnerabilidad se entiende como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Depende de la exposición, la cual se define por el carácter, magnitud y velocidad del cambio climático a que esté expuesto un sistema, así como de la sensibilidad y la capacidad adaptativa. La fórmula que define la vulnerabilidad de un sistema es:

Vulnerabilidad= f(Exposición+Sensibilidad-Capacidad adaptativa)

Este enfoque del IPCC (2007) se ha retomado en los instrumentos rectores de la política nacional mexicana en materia de cambio climático: la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la *Estrategia nacional de cambio climático* (ENCC) Visión 10-20-40, y el *Programa especial de cambio climático* 2014-2018 (PECC).

México ha destacado que para la evaluación de la vulnerabilidad es necesario considerar un enfoque sistémico, iniciando con la identificación de las problemáticas asociadas al clima y la definición de la unidad territorial que se pretende analizar.

El gobierno de México, a través de sus distintas dependencias y con el apoyo de universidades, centros de investigación y organizaciones de la sociedad civil, ha generado información sobre los componentes de la vulnerabilidad al cambio climático. En este sentido, los análisis sobre la exposición han incorporado estudios sobre: *i) climatología base* (climatología actual y variabilidad climática; análisis de tendencia para temperatura, precipitación y eventos extremos) (véase el subapartado "Detección del cambio climático en México"), y *ii) escenarios de cambio climático* (véase el subapartado "Escenarios de cambio climático").

De igual manera se han desarrollado estudios que proporcionan elementos para la evaluación de la sensibilidad, orientados a caracterizar sistemas sociales, agrícolas o biológicos a fin de determinar los impactos actuales y potenciales asociados al cambio climático (véase el apartado "Vulnerabilidad actual y futura de México"). También, se ha generado información a diferentes niveles de análisis territorial para la determinación de la capacidad adaptativa de los sistemas mencionados, considerando los recursos humanos y financieros con los que se cuenta para enfrentar los potenciales impactos de cambio climático, el tipo y grado de desarrollo de la estructura institucional, los instrumentos de gestión y planeación, y el nivel de organización social (véanse los apartados "Vulnerabilidad actual y futura de México" y "Diseño e implementación de acciones").

México ha avanzado en el desarrollo de la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático: la Secretaría de Turismo (SECTUR) publicó la *Guía local de acciones de alto impacto en materia de mitigación y adaptación al cambio climático en destinos turísticos de México*, la cual está enfocada en la evaluación de la vulnerabilidad en ese sector (SECTUR, 2014); el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) elaboró el *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático: efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México* (Arreguín Cortés *et al.,* 2015); la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) desarrolló la *Herramienta para el diagnóstico rápido de vulnerabilidad al cambio climático en áreas naturales protegidas* (CONANP, CEGAM & Alianza WWF-Fundación Carlos Slim, 2015).

En este sentido y considerando los esfuerzos mencionados, México ha consolidado una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, la cual se ve representada en el diseño y construcción del *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* (véase el subapartado "*Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático*").

Diseño de medidas de adaptación

México ha destacado que las medidas de adaptación al cambio climático deben dirigirse a reducir la vulnerabilidad mediante el incremento de capacidades adaptativas y la reducción del riesgo de desastres asociados al clima.

El diseño de medidas de adaptación constituye la segunda etapa del proceso de adaptación. Para tal efecto conviene señalar que las medidas de adaptación son acciones o estrategias que tienen como objetivo principal disminuir la vulnerabilidad identificada en la primera fase del proceso de adaptación.

Para el diseño de medidas de adaptación es importante plantearse las siguientes preguntas: ¿Puede haber varias opciones para lograr el mismo objetivo? ¿Cuáles son los pros y los contras de las diferentes opciones y cuáles son las que mejor se ajustan a los objetivos de adaptación? ¿Cuáles son los impactos de las medidas de adaptación planteadas? ¿Cuál es la línea base que conviene considerar para su monitoreo? ¿Cuáles son los indicadores que deben tomarse en cuenta?

Se reconoce una serie de características para potenciar la efectividad de las medidas de adaptación (SEMARNAT-INECC, 2015):

- *Factibles.* Considerar distintas variables: políticas, financieras, legales, técnicas y tecnológicas, sociales, institucionales, regulatorias, entre otras, que aseguren una implementación más efectiva.
- *Presupuestadas.* Identificar e incluir en su descripción la fuente de financiamiento o partida presupuestaria con la que se llevará a cabo la acción, para asegurar, en la medida de lo posible, su implementación y seguimiento. También se considera un análisis costo-beneficio.
- *Sinérgicas.* Contemplar beneficios o impactos positivos para mitigar Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI).
- *Cobeneficios.* Incluir beneficios adicionales, tales como impactos directos e indirectos: ambientales, biofísicos, sociales, económicos (por ejemplo, generación de empleos, impactos positivos en la salud, incremento de la productividad), etcétera.

- *Alineadas.* Considerar el marco legal e institucional nacional, así como la legislación y los programas de carácter local.
- *Evaluables.* Establecer una línea base, como una unidad de medida, para analizar los avances y propiciar el monitoreo y la evaluación (M&E) de las medidas de adaptación.
- *Equidad.* Promover la equidad, en términos de no permitir el aumento de las brechas de desigualdad existentes (ya sean las relacionadas con la pobreza, con el uso de los recursos, las de género, etcétera).
- *Credibilidad.* Contar con sustento científico y aceptación cultural y social.
- *No arrepentimiento (No regret).* Verificar que la implementación de una acción *in situ* no tenga repercusiones negativas en otro lugar.
- *Reversibilidad.* Proponer medidas que privilegien la recuperación de los bienes y servicios, así como la funcionalidad ecosistémica, como puede ser el empleo del enfoque AbE.
- *Barreras.* En el diseño de las medidas de adaptación, considerar las posibles barreras legales y las relacionadas con las capacidades tecnológicas, económicas, sociales e institucionales en la fase de implementación.

El diseño de medidas de adaptación incluye la identificación de indicadores para su monitoreo y evaluación.

Una vez que se cuenta con un conjunto de medidas de adaptación diseñadas es importante determinar su orden de prioridad. La finalidad de esta determinación es identificar aquellas medidas con una alta posibilidad de ser implementadas de manera eficiente, que representan recursos en acciones relevantes y con mayor impacto en términos de reducción de vulnerabilidad.

En México se utilizan los doce criterios publicados en la ENCC (**Figura 5.3**), así como la *Metodología para la priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático* (SEMARNAT-GIZ, 2015), que retoma dichos criterios e incorpora un análisis de criterio múltiple y de costo-beneficio para generar siete pasos que orienten el orden de prioridad de las medidas de adaptación.

Medidas de adaptación: los diferentes enfoques

Para el diseño e implementación de las medidas de adaptación, México ha adoptado tres enfoques: adaptación basada en ecosistemas (AbE), adaptación basada en comunidades (AbC) y adaptación basada en reducción de riesgos de desastres (AbRRD).[6] Dichos enfoques no son excluyentes entre sí; por el contrario, son complementarios. Si se considera la experiencia que México ha adquirido mediante la implementación de proyectos de adaptación, se reconoce la importancia de integrar, en la medida de lo posible, los tres enfoques (véase el apartado "Aprendizajes en la implementación de medidas de adaptación").

Una lección aprendida a partir de la implementación de proyectos de adaptación es que la AbE contribuye a reducir el riesgo de desastres relacionados con el cambio climático, y toma en cuenta y empodera a las comunidades en las cuales se implementan acciones de adaptación; por lo tanto, incluye en sí misma a los otros dos enfoques, la AbC y la AbRRD.

Otra lección aprendida es la importancia de la participación social y el enfoque de género en todo el proceso de adaptación, lo que implica la incorporación del enfoque AbC en todas las etapas de cualquier proyecto que implemente medidas de adaptación al cambio climático en el ámbito local.

[6] La adaptación basada en ecosistemas (AbE) se refiere a la "utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático" (UICN, 2012). Considera tres elementos: *1)* el uso de los servicios ecosistémicos o de los ecosistemas; *2)* que redunde en beneficios sociales o mejore la calidad de vida de las personas, y *3)* que considere amenazas climáticas actuales y futuras.

La adaptación basada en comunidades (AbC) "tiene como objetivo primario mejorar la capacidad de las comunidades locales para adaptarse al cambio climático. Requiere un acercamiento integral que combina conocimiento tradicional con estrategias innovadoras, que no solamente intentan reducir vulnerabilidades actuales, sino aumentar la capacidad adaptativa de personas para enfrentarse con retos nuevos y dinámicos. También pretende proteger y sostener los ecosistemas de los cuales las personas dependen" (CARE, 2010).

Adaptación basada en reducción de riesgos de desastres (AbRRD). De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, por sus siglas en inglés), las expresiones "reducción del riesgo de desastres" y "adaptación al cambio climático" representan objetivos de política: uno relacionado con un problema en curso (desastres) y el otro con un problema emergente (cambio climático). Si bien estas preocupaciones tienen diferentes orígenes, utilizan herramientas similares para monitorear, analizar y abordar las consecuencias adversas del tiempo y el clima. Por lo tanto, tiene sentido considerarlos e implementarlos de manera sistemática e integrada (UNISDR, 2009).

Figura 5.3. **Aspectos que se evalúan en la selección y priorización de medidas de adaptación**

Criterio	Descripción
Atención a poblaciones más vulnerables	La medida da prioridad al apoyo de las poblaciones cuyas condiciones las hacen más vulnerables ante los efectos del cambio climático.
Transversalidad con políticas, programas o proyectos	La medida es coherente y se articula con instrumentos de política de cambio climático, tales como la ENCC, los programas estatales y municipales de cambio climático, programas sectoriales de diferentes órdenes de gobierno, entre otros.
Fomento de la prevención	La medida fomenta la adaptación planeada a partir de un enfoque preventivo y apuesta por la prevención más que por la reacción.
Sustentabilidad en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales	La medida promueve el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Esto incluye agua, suelo y recursos bióticos.
Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad	La medida contempla preservar y restaurar los ecosistemas y servicios que proveen para aumentar la resiliencia al cambio climático y frenar los procesos de deterioro.
Participación activa de la población objetivo y fortalecimiento de capacidades	La población se involucra activamente incorporando su conocimiento y experiencia en todas las fases del proceso y se apropia de la medida.
Fortalecimiento de capacidades para la adaptación	La medida promueve el fortalecimiento de las capacidades individuales, de grupos o redes en materia de adaptación al cambio climático.
Factibilidad	La medida considera la capacidad institucional, financiera, política, normativa, técnica y social que permite su implementación y sostenibilidad.
Costo-efectividad o Costo-beneficio	El costo de la medida es bajo en comparación con su efectividad o sus beneficios para la reducción de vulnerabilidad.
Coordinación entre actores y sectores	La medida fomenta la coordinación entre diferentes sectores e instituciones de los tres órdenes de gobierno, academia, y sociedad civil.
Flexibilidad	La medida pueda ajustarse en respuesta a necesidades específicas, además produce beneficios bajo cualquier escenario de cambio climático.
Monitoreo y evaluación	La medida presenta una propuesta para su monitoreo y evaluación que incluye indicadores estratégicos de impacto enfocados en su cumplimiento y efectividad.

Fuente: SEMARNAT, 2013.

Implementación de medidas de adaptación

Corresponde a la tercera etapa del proceso de adaptación, cuyo objetivo se centra en aplicar y poner en marcha las medidas de adaptación diseñadas para reducir la vulnerabilidad identificada en la fase uno del proceso. De acuerdo con la experiencia adquirida por México en la implementación de medidas de adaptación —sean éstas acciones concretas con comunidades en el territorio, la elaboración o impulso de instrumentos de planeación y gestión que consideran el cambio climático o estrategias más amplias como la vinculación interinstitucional y alineación de políticas públicas para atender problemáticas acrecentadas por la variabilidad y el cambio climático—, es en esta etapa que los actores clave y actores locales se vuelven protagonistas de la adaptación, cuando comienza el proceso de fortalecimiento de capacidades locales y estatales, de apropiación de las medidas y, en su caso, de empoderamiento y fortalecimiento de liderazgos comunitarios. Es también en esta etapa en que destaca el impacto sobre la política pública, y en la que se ponen a prueba las medidas diseñadas según los distintos enfoques de adaptación, y se verifica si el diseño fue el apropiado o es necesario realizar ajustes.

Como área de oportunidad, México ha identificado que los análisis de costo-beneficio y costo-efectividad deben integrarse al diseño e implementación de medidas de adaptación.

Monitoreo y evaluación

Es la cuarta etapa en el proceso de adaptación. Conforme se implementan medidas de adaptación, el proceso y el impacto de las medidas deben monitorearse y evaluarse con el fin de identificar barreras, documentar resultados, realizar los ajustes necesarios al proceso de adaptación, a sus distintas etapas o a las acciones de adaptación implementadas, así como para extraer las experiencias aprendidas.

México avanza en el monitoreo y evaluación de medidas de adaptación al cambio climático (M&E de la ACC) a través del proyecto de investigación denominado "Construcción de esquemas de monitoreo y evaluación de la adaptación en México para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia", que financia el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Tiene la finalidad de elaborar herramientas cuantitativas y cualitativas para monitorear y evaluar el proceso de adaptación y las acciones de adaptación ante el cambio climático en diferentes regiones o sectores, implementadas por los sectores público, privado y la sociedad civil. Este proyecto permitirá contar con información de los beneficios logrados en los sistemas humanos y naturales, a la vez que aporta elementos para contribuir a mejorar el diseño de futuras intervenciones e identificar las buenas prácticas. El M&E de la ACC es indispensable para la toma de decisiones, ya que permite modificar o redirigir las acciones de adaptación tras considerar las lecciones aprendidas con el fin de favorecer la efectividad y la sostenibilidad de las medidas.

Participación social

México ha destacado la importancia de la participación social a lo largo de todo el proceso de adaptación al cambio climático. Los actores clave locales, servidores públicos de los diferentes órdenes de gobierno, académicos y representantes de las organizaciones de la sociedad civil y del sector privado, así como de la población en general, son fundamentales durante cada una de las etapas del proceso, pues de ello depende, en gran parte, el éxito de los proyectos de adaptación.

Considerar la participación social en el proceso de adaptación permite generar la comprensión colectiva de la vulnerabilidad en que se encuentran las comunidades, así como los ecosistemas y recursos naturales de los que dependen; posibilita la identificación conjunta de las medidas de adaptación, su diseño e implementación, y facilita su apropiación por parte de las comunidades, potenciando así la capacidad de adaptación y favoreciendo la disminución de la vulnerabilidad y de los impactos negativos del cambio climático (**Figura 5.4**).

Figura 5.4. Estrategias participativas implementadas por el INECC en un proyecto de adaptación al cambio climático en Veracruz, México

Es por ello que el proceso de adaptación al cambio climático incorpora la participación social para la toma de decisiones consensuada, con base en la mejor ciencia posible, tanto en el contexto local como en el estatal y el nacional.

Enfoque de género

El cambio climático afecta de manera diferenciada a los distintos grupos de una comunidad. Pone al descubierto, y con frecuencia exacerba, las desigualdades sociales, económicas, de género y de acceso a los recursos, entre otras.

Por lo tanto, los procesos de adaptación con perspectiva de género tienen que partir de diagnósticos de vulnerabilidad que identifiquen estas brechas con el fin de diseñar e implementar medidas que estén dirigidas a disminuir las desigualdades, los intereses estratégicos de las mujeres, así como el control y el acceso a los recursos; garantizar el acceso al crédito y a una toma de decisiones más igualitaria; cuestionar la división sexual del trabajo, así como la posición subordinada de las mujeres, y fortalecer su liderazgo.

En los siguientes apartados se desarrolla detalladamente el avance de México en cada una de las fases del proceso de adaptación al cambio climático.

El clima en México

El análisis del clima observado y proyectado es muy relevante en la primera fase del proceso de adaptación, "Evaluación de la vulnerabilidad", ya que representa el componte de exposición. En este apartado se presentan los avances del país en el estudio de los paleoclimas, los cambios observados en las tendencias climáticas y eventos extremos, así como en el desarrollo de proyecciones con escenarios de cambio climático.

Es importante considerar que, a escala global, los cinco años más cálidos, a partir de 1850, han transcurrido desde 2010 (Cole & McCarthy, 2018). En el planeta, la temperatura ha aumentado 0.85°C respecto al promedio del periodo comprendido en-

tre 1880 y 2012; por otra parte, la precipitación se ha incrementado desde 1951 (nivel de confianza medio), pero, en general, los cambios aún no son concluyentes. En los eventos extremos, desde 1950 se han observado aumentos en el número de días y noches cálidos, disminución en el de días y noches fríos, incluidos incrementos de ondas de calor y precipitaciones extremas en algunas regiones del planeta (IPCC, 2013).

De acuerdo con el análisis de datos del periodo 1961-1990, en México hay un incremento significativo del número de noches tropicales en la mayor parte del país. Por otra parte, hay un enfriamiento en la Península de Yucatán que es consistente con un aumento del número de noches frías. Para la mayor parte de México no existe una señal fuerte en el cambio de la cantidad total de precipitación anual; sin embargo, en el sureste hay un descenso notable con un alto nivel de confianza. El número de días secos continuos mostró un decremento en muchas partes del país, pero con bajo nivel de confianza (Met Office, 2011).

Para comprender el riesgo asociado con eventos climáticos es importante analizar dos perspectivas: la ocurrencia de eventos históricos y las proyecciones de eventos futuros, ya que ambas brindan información diferente y complementaria. El análisis histórico establece una base para entender el impacto de un clima cambiante; mientras que la utilización de modelos acoplados de circulación general de la atmósfera y el océano permite entender el comportamiento futuro del clima (SEMARNAT, 2013).

Ciclones tropicales

Debido a su ubicación geográfica, México tiene cada año la presencia de ciclones tropicales en ambos litorales —Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe— durante más de la mitad del año (de mayo 15 a noviembre 30) (véase el capítulo 1).

Según la velocidad de sus vientos, un ciclón tropical tiene las siguientes etapas de desarrollo: depresión tropical, tormenta tropical y huracán; este último, a su vez, puede clasificarse de acuerdo con la escala Saffir-Simpson, desde huracán categoría 1 (menor intensidad) hasta huracán categoría 5 (mayor intensidad; vientos de más de 250 km/h) (CENAPRED, 2018a). Con la finalidad de destacar la importancia que este tipo de riesgos implica para la sociedad mexicana, el CENAPRED hace esfuerzos tendientes a efectuar el análisis de causas, efectos y principales acciones con miras a disminuir los daños que provocan los ciclones tropicales mediante la divulgación de la información pertinente (**Figura 5.5**).

De acuerdo con datos reportados por la Encuesta Intercensal del INEGI (2015), en México vivían 24,028,654 personas en zonas costeras. Ante esta condición, se vuelve necesaria la implementación de herramientas para disminuir los impactos de los ciclones tropicales en la población.

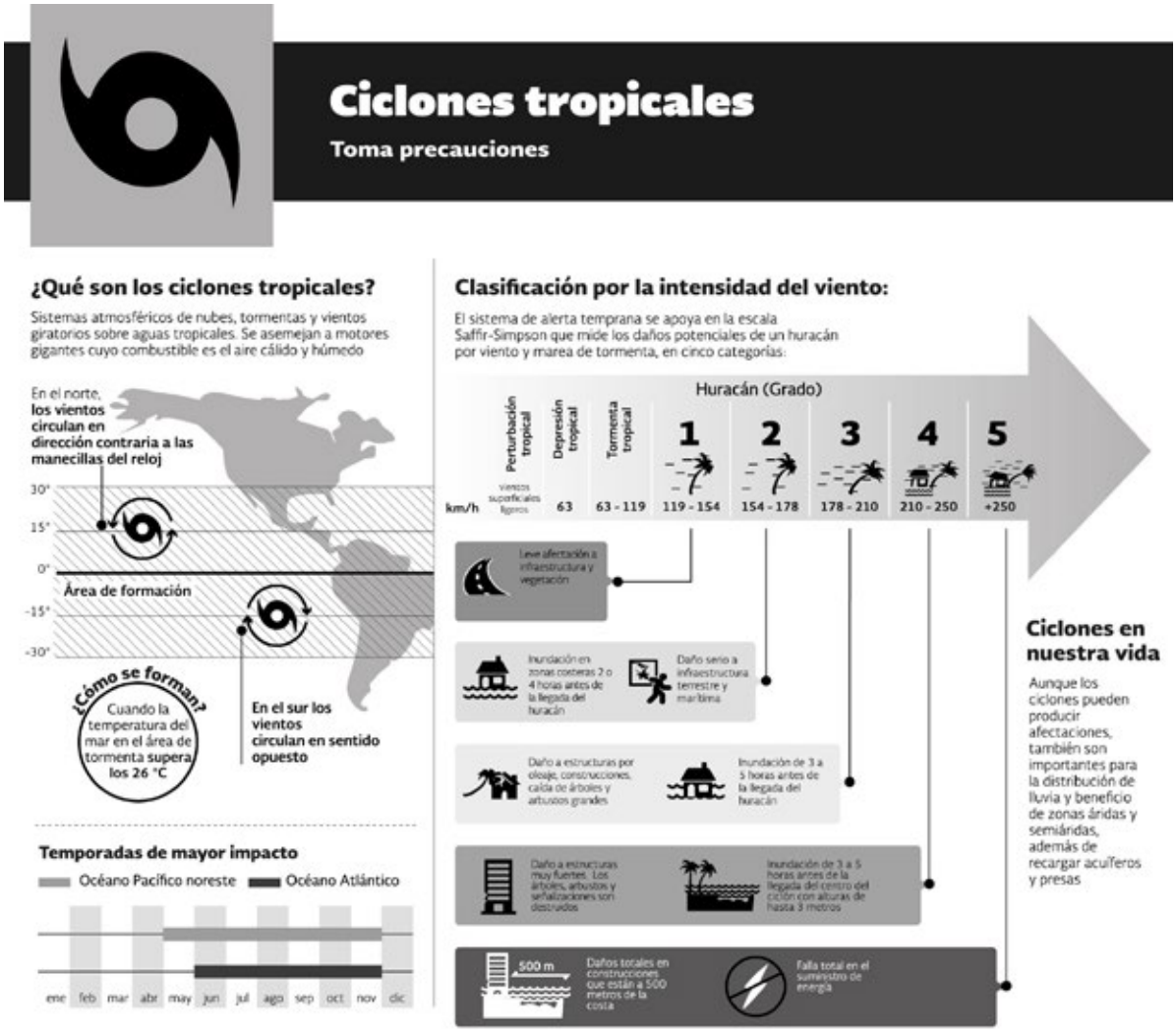
Desde el año 2000, en México se cuenta con un Sistema de Alerta Temprana de Ciclones Tropicales (SIAT-CT), el cual, mejorado en 2003, tiene como objetivo alertar a la población en tiempo y forma de los riesgos a los que se encuentra expuesta por la presencia de un agente perturbador y de los mecanismos de respuesta existentes (**Figura 5.6**). Cuenta con la interacción de los principales actores del Sistema Nacional de Protección Civil, mismos que se mencionan a continuación:

- la ciudadanía, sociedad civil y sus organizaciones;
- las instituciones dedicadas a la investigación del fenómeno hidrometeorológico e, incluso, de las que estudian sus efectos sociales;
- los medios de comunicación masiva;
- la estructura gubernamental del Sistema Nacional de Protección Civil.

El SIAT-CT está estructurado de tal forma que la alerta oportuna y formal (escalada en 5 etapas) detona actividades específicas y sistematizadas para cada uno de los diferentes integrantes del Sistema, dependiendo de la intensidad, trayectoria y distancia a la que se encuentre el ciclón tropical.

El CENAPRED ha divulgado esta información (**Figuras 5.5 y 5.6**) a lo largo de todo el territorio, no solo en español, la lengua oficial, sino también en amuzgo, mazateco, mixteco, mixe, náhuatl y tzotzil, entre otras lenguas indígenas.

Figura 5.5. **Infografía de ciclones tropicales. Clasificación y formación**



Fuente: CENAPRED, 2018a.

Los ciclones tropicales que más destacaron por su intensidad y sus impactos en el país durante el periodo 2012-2017 se presentan en la **Tabla 5.2**.

Sequía

Las sequías pueden presentarse en cualquier tiempo y lugar; sin embargo, existen áreas específicas en México de mayor susceptibilidad al fenómeno, determinadas básicamente por su localización geográfica. Normalmente el norte y la zona del Bajío presentan mayor incidencia de este fenómeno (CENAPRED, 2018b).

La distribución temporal y espacial de la precipitación (en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, granizo, etc.) determina si se presenta o no la sequía en una región. La severidad de la sequía radica en que es variable en el espacio, ya que puede abarcar grandes extensiones del territorio, y en el tiempo durar meses o años, por lo que sus efectos pueden ser catastróficos en comunidades que no

Figura 5.6. **Infografía de ciclones tropicales. Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales**

Fuente: CENAPRED, 2018a.

se encuentran suficientemente preparadas para enfrentarla (CENAPRED, 2014a).

Algunos daños ocasionados por las sequías son los incendios forestales y la aceleración de la erosión de los suelos. La falta de humedad en las plantas aumenta la materia orgánica potencialmente combustible y con la sola presencia de una pequeña flama (natural o intencional) hace que se forme un incendio forestal (CENAPRED, 2014a).

Ante esta problemática, México sumó esfuerzos de cooperación de expertos en el tema con Canadá y Estados Unidos para implementar, en 2002, un programa llamado Monitor de Sequía de Norteamérica (NADM, por sus siglas en inglés) que da servicio a los tres países de la región; pero es a partir de 2014 que se adquiere, para su uso en el país, el llamado Monitor de Sequía en México (MSM) (CONAGUA-SMN, 2018).

El Monitor de Sequía en México consta de un reporte que contiene una descripción de la sequía en el país, tablas y gráficos de porcentaje de área afectada por sequía en el país y en las entidades

Tabla 5.2. Huracanes que destacaron por su intensidad e impacto en México

Huracán	Característica que lo destacó	Entidades afectadas
Patricia (2015)	Rápida intensificación (en solo 18 horas pasó de categoría 1 a categoría 5). Registró la mayor intensidad de vientos máximos sostenidos (325 km/h) que se han medido en la historia de los huracanes del Pacífico noroeste (CONAGUA-SMN, 2015a).	Afectó directamente a 22 entidades federativas (CONAGUA-SMN, 2015a).
Odile (2014)	Odile provocó el mayor daño al sistema eléctrico nacional registrado hasta ahora. El fenómeno provocó la muerte de seis personas en el municipio de Los Cabos, Baja California Sur. El monto estimado de daños y pérdidas (más de $24,000 mdp) superó el costo de los desastres acumulados de 2000 a 2013 ocurridos en esa entidad.* De acuerdo con el SMN, se acumularon 265 mm de precipitación en San José del Cabo entre el 14 y el 15 de septiembre, lo que representa 74% de la lluvia que anualmente cae en esa ciudad (CONAGUA-SMN, 2015b).	Afectó la Península de Baja California y Sonora.
Huracanes Ingrid y Manuel (2013)	Ambos afectaban simultáneamente al país: mientras Manuel lo hacía en la costa sur y occidental de México, por el lado del Pacífico, Ingrid afectaba fuertemente las costas de Veracruz y Tamaulipas por el lado del Golfo de México. Según datos de la CONAGUA, las lluvias dejadas a su paso tienen un periodo de recurrencia de 1,000 años. En total murieron 157 personas. El monto aproximado de daños y pérdidas generados por estos sistemas fue de $34,829.2 millones de pesos. Con estas cifras, Manuel e Ingrid se convirtieron en los huracanes más destructivos en la historia de nuestro país (CENAPRED, 2013b).	21 entidades federativas fueron declaradas en emergencia o en desastre (CENAPRED, 2013b).

* Consultado en http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/325-no.16-resumenejecutivoimpacto2014.pdf el 13 de julio de 2018.

federativas, 13 Organismos de Cuenca y 26 Consejos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), además de la contabilidad de municipios afectados por sequía de cualquier categoría (CONAGUA-SMN, 2018).

En la **Figura 5.7** se puede observar cuál ha sido la evaluación de la sequía en el territorio mexicano en el periodo 2003-2018. Sobresale el año 2012, cuando la mayor parte del área del territorio fue afectada.

Otra herramienta que se tiene en el país para el monitoreo de este fenómeno es el Monitor de Sequía Multivariado en México (MOSEMM), desarrollado en 2017 por la CONAGUA y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El MOSEMM[7] realiza un análisis multivariado, con datos de variables hidrológicas clave (lluvia, humedad y escurrimiento), para mejorar la definición del comienzo, la persistencia y el fin de la sequía. Con ello se obtiene la intensidad y magnitud de los eventos de sequía en el territorio nacional, utilizando fuentes de información de última generación.

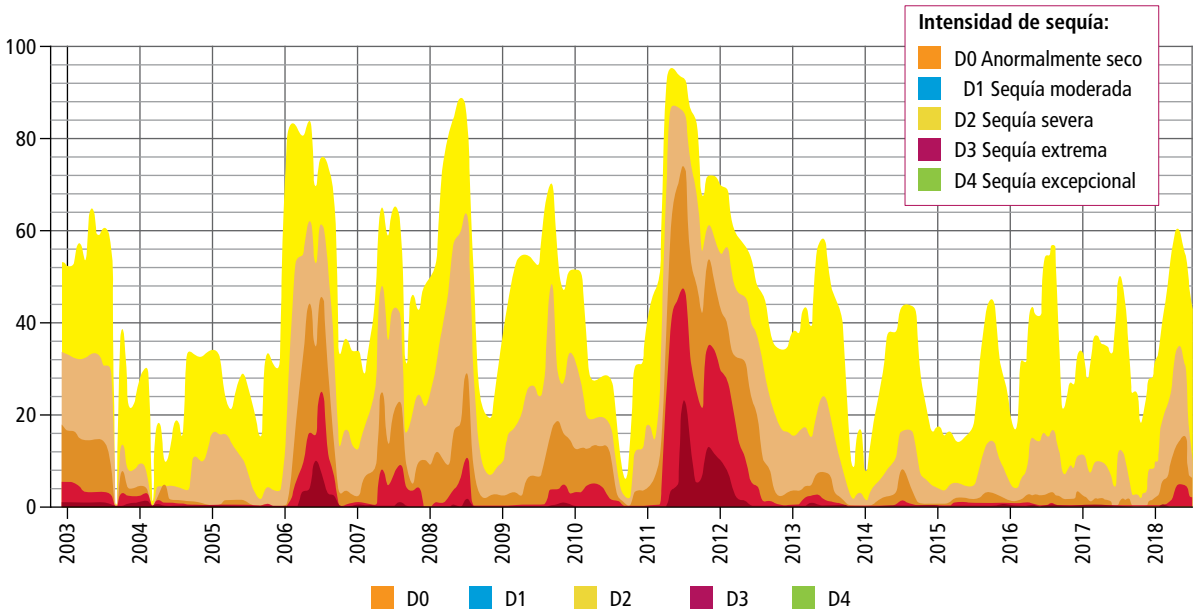
Los mapas de sequía identifican de manera objetiva la evolución espacio-temporal de la magnitud y severidad de la sequía en el país, de conformidad con diferentes escalas temporales (1, 3, 6, 9 y 12 meses) (CONAGUA-II UNAM, 2018).

Un ejemplo de los productos que se pueden obtener se muestra en la **Figura 5.8**, donde aparece la distribución temporal del área afectada desde 2013 hasta 2018 para todo México.

En 2013, en el marco de la política de México se creó la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones (CIASI), integrada por dependencias y entidades relacionadas con el análisis de riesgos e instrumentación de medidas de prevención y mitigación de sequías e inundaciones y los efectos que estos fenómenos generan. Asimismo, SAGARPA cuenta con programas para la atención a la sequía (para mayor información, véase el subapartado "Iniciativas institucionales de adaptación").

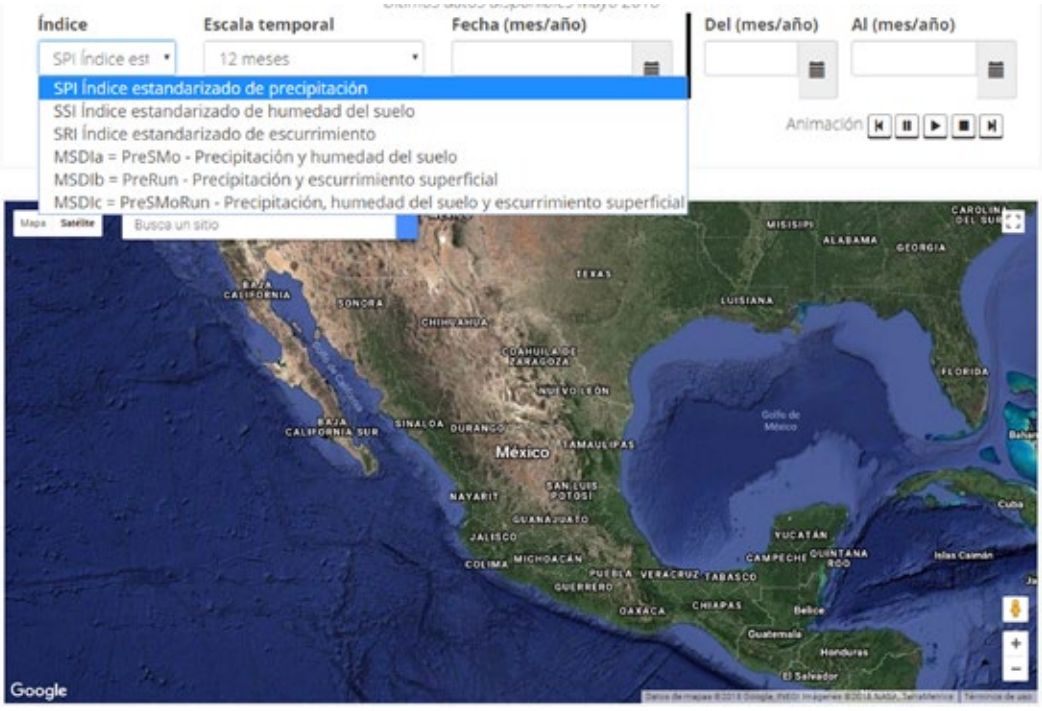
[7] Para realizar las consultas que se requieran en relación con el tema de la sequía, el sitio está disponible en: http://201.116.60.187/mapaGob.html

Figura 5.7. **Porcentaje del área de México afectada por una o varias categorías de sequía**



Fuente: CONAGUA-SMN, 2018.

Figura 5.8. **Monitor de Sequía Multivariado en México**



Fuente: CONAGUA-II UNAM, 2018.

Paleoclima

México presenta su primer esfuerzo ante la CMNUCC de una compilación y análisis de los registros paleoclimáticos que se han realizado en el país.

En el marco del cambio climático, los estudios paleoclimáticos[8] son fundamentales, porque brindan información relevante para conocer los cambios climáticos que se han presentado en la Tierra, desde la formación del planeta hasta antes del desarrollo de instrumentos de medición. Contribuyen a comprender los factores que tienen influencia sobre el sistema climático, ya que aportan información para diferenciar entre las variaciones inherentes al sistema climático y los cambios introducidos por la actividad antropogénica.

También permiten entender los impactos en diversos aspectos físicos, biológicos, y las fluctuaciones climáticas ocurridas en el pasado, así como analizar el presente e inferir posibles tendencias futuras. Estos trabajos ofrecen datos para probar modelos climáticos. El IPCC enfatiza la importancia de conocer e investigar sobre los cambios del clima en el pasado de la Tierra para proyectar con precisión escenarios futuros (Islebe, 2016).

Durante las últimas décadas (desde 1970) en México se han realizado avances significativos en esta disciplina, aportando valiosa información sobre los cambios climáticos en regiones tropicales y subtropicales (Villanueva 1996; Metlcalfe, 1997; Hodell *et al.*, 2001; Sedov *et al.*, 2001; Islebe y Sánchez, 2002; Haug *et al.*, 2003; Bernal *et al.*, 2010; Arrellano *et al.*, 2011; Caballero y Ortega, 2011; Solleiro y Sedov, 2011; Vázquez-Selem, L. y Heine, 2011; Roy *et al.*, 2012; Lozano *et al.*, 2015; entre otros) (**Figura 5.9**).

El estudio de las variaciones climáticas en estas regiones es relevante, debido a que una parte importante de la energía absorbida en los trópicos se redistribuye hacia latitudes medias y altas a través de teleconexiones atmosféricas y oceánicas que parecen haber cambiado sustancialmente durante el último siglo. En el país, existe una gran diversidad de estudios paleoclimáticos sobre cambios climáticos ocurridos durante el Pleistoceno[9]-Holoceno.[10] La mayoría de éstos muestran que los cambios climáticos rápidos están asociados a eventos de enfriamiento, aridez tropical y a cambios importantes en la circulación atmosférica y oceánica a escala global (**Figura 5.9**).

Cambios importantes en el clima durante los últimos 2,000 años

Durante este periodo se han caracterizado dos anomalías principales en la temperatura: una positiva nombrada Anomalía Climática Medieval (ACM) y una negativa llamada Pequeña Edad de Hielo (PEH) (Mann *et al.*, 2009).

En general, la ACM (~950 a ~1200) coincide con el Máximo Solar Medieval, el cual se caracteriza por presentar un incremento relativo en la actividad solar (Bradley *et al.*, 2003). En México, se ha identificado esta señal climática positiva con un incremento en la temperatura de 1 a 2°C (Barron *et al.*, 2003; Pérez-Cruz, 2006; Barron y Bukry, 2007).

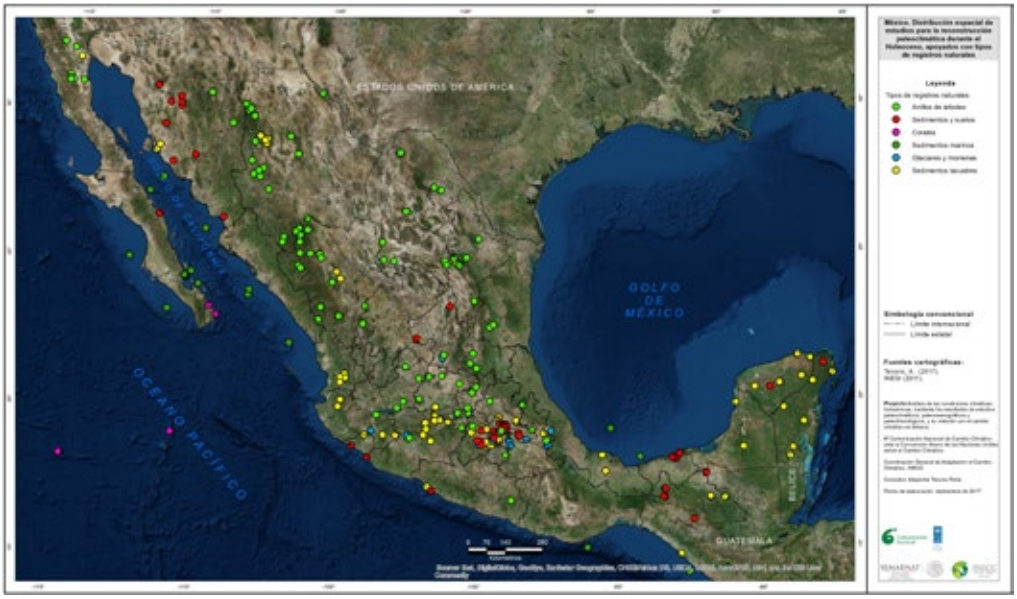
La Pequeña Edad de Hielo (PEH) (1400 a 1800) coincide con un mínimo de manchas solares, nombrado el Mínimo de Maunder (entre 1647-1715). Se ha documentado que el clima del planeta se vio influenciado por este evento, ya que dio lugar a una disminución en la temperatura superficial y generalmente coincide con los inviernos fríos (Bradley *et al.*, 2003). En México, la PEH se ha asociado con decrementos en la temperatura de ~1.5°C y con avances de los glaciares de montaña de hasta 250 m.

[8] Son investigaciones del clima existente en periodos anteriores al desarrollo de instrumentos de medición, que abarca el tiempo histórico y el geológico, y con respecto al cual solamente se dispone de registros indirectos (IPCC, 2014).

[9] Pleistoceno: Primera época de las dos de que consta el sistema Cuaternario, que abarca desde hace 2,59 millones de años hasta el comienzo del Holoceno, hace 11,650 años (IPCC, 2013).

[10] Holoceno: Última de las dos épocas del sistema Cuaternario, que abarca desde hace 11,650 años hasta el presente (definido como 1950). Se conoce asimismo como etapa isotópica marina 1 o interglacial actual (IPCC, 2013).

Figura 5.9. Distribución espacial de estudios en México para la reconstrucción paleoclimática durante el Holoceno apoyados con tipos de registros naturales



Fuente: INECC-PNUD, 2017g.

Detección del cambio climático en México

El clima es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar de la superficie terrestre. Para conocer el clima es necesario conocer el tiempo atmosférico, el cual se define como la suma total de los elementos de la atmósfera en un periodo cronológicamente corto (García de Miranda, 1989).

En México, la principal base de datos histórica es la Base de Datos Climatológica Nacional, administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependencia de la CONAGUA que al 2018 cuenta con 4,955 estaciones, 188 estaciones meteorológicas automáticas y 78 observatorios meteorológicos distribuidos a lo largo del territorio, así como con las estaciones de radio sondeo.[11]

La temperatura y la precipitación no tienen el mismo comportamiento alrededor del planeta, por lo que es necesario detectar posibles cambios de carácter regional a fin de identificar los lugares que se están calentando o aquellos donde hay un enfriamiento, o donde llueve más o menos. Cambios en el clima observado pueden identificarse mediante la detección.

El grupo de trabajo I del IPCC ha definido la detección de cambios como el proceso para demostrar que el clima o un sistema afectado por el clima ha cambiado en algún sentido estadístico, sin especificar las causas de este cambio, es decir, sin dar ninguna atribución (Hegerl *et al.*, 2010).

La atribución es el proceso de evaluación de las contribuciones relativas de múltiples factores causales a un cambio o evento, con una asignación de confianza estadística. Para iniciar el proceso de atribución se requiere de la detección de un cambio en la variable observada o en las variables asociadas (Hegerl *et al.*, 2010).

En México se han llevado a cabo investigaciones de detección de cambio climático (CONACYT, 2018; INECC-PNUD, 2016a, 2016i y 2017k), pero la parte de atribución para explicar los cambios en el clima aún es un área de oportunidad para el desarrollo de múltiples líneas de investigación.

[11] SMN, 2018. Disponible en http://smn.cna.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s

En México se han podido detectar cambios por medio de análisis de tendencias históricas en las variables de temperatura y precipitación, así como de eventos climáticos extremos. A continuación se presentan los resultados enfocados en las tendencias de las variables de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín) y precipitación (Pcp) promedio y en sus eventos climáticos extremos.

La atribución de cambios observados en el clima presenta un área de oportunidad en México, ya que existe poca información al respecto.

Es importante realizar estudios regionales de detección porque el comportamiento del clima y de eventos extremos es particular de cada región.

Cambios observados en las tendencias climáticas para México

La cantidad de precipitación no se ha modificado en el periodo 1960-2013; sin embargo, la distribución está cambiando de manera diferencial en el territorio.

Se han presentado cambios en las temperaturas mínimas y máximas, las cuales han mostrado, por lo general, en todo el país, un incremento de noches tropicales y una disminución de noches frías.

Se han detectado cambios en las temperaturas máxima y mínima mensual y en la precipitación acumulada mensual durante un periodo de 50 años (1961-2010), a partir de los datos registrados en 18 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio nacional (INECC-PNUD, 2017k). Si bien estos resultados son puntuales, dan una primera aproximación de los cambios que se están observando en México (**Figura 5.10**). De este análisis se destacan los siguientes puntos:

- Se observaron mayores incrementos en la temperatura máxima que en la mínima (**Figuras 5.10a** y **5.10b**).
- La temperatura máxima está aumentando en la mayor parte del país.
- Se detectaron cambios en el decremento de temperatura mínima, los cuales se concentran en la parte occidente del país (**Figura 5.10b**).
- Las estaciones analizadas en Colima, Sinaloa y el Estado de México presentan aumentos en ambas temperaturas.
- Para el caso de la precipitación no se observó una tendencia clara en las estaciones consideradas, solamente se mostraron tendencias significativas en dos sitios ubicados en la península de Baja California.
- Por lo anterior se concluye que la variable de temperatura presenta mayores cambios observados en comparación con la precipitación.

México considera necesario contar con una mayor cobertura espacial de estaciones meteorológicas en el país que proporcionen datos actuales, de calidad y que sean públicos.

Cambios observados en los eventos climáticos extremos

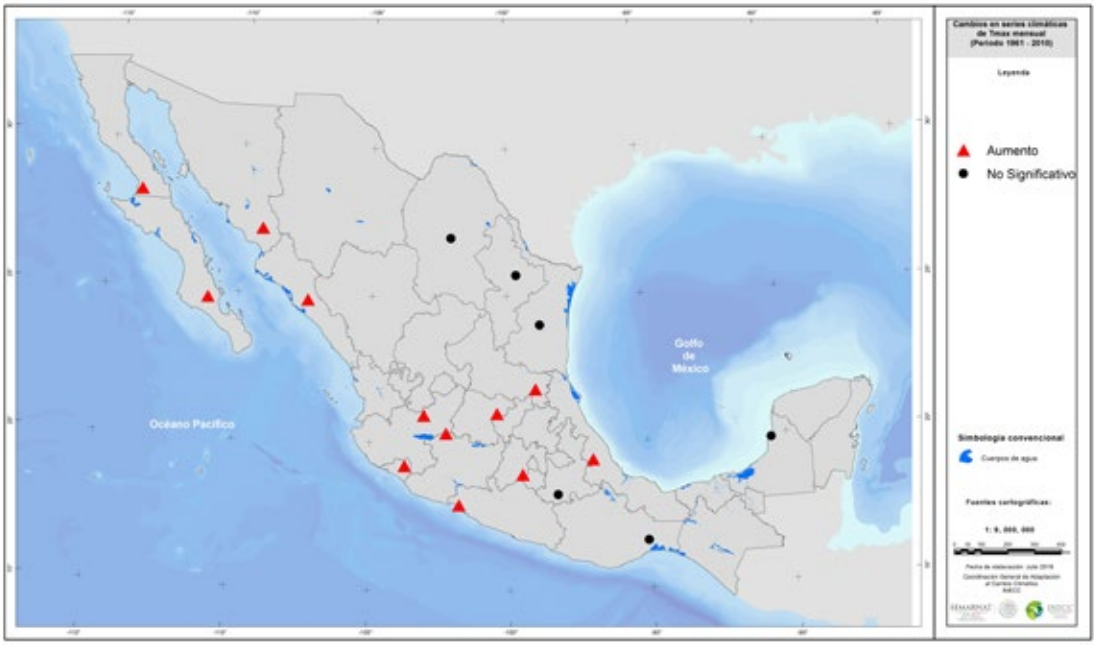
Además de cambios en el clima promedio, la variabilidad de los eventos extremos también puede cambiar en su frecuencia, intensidad, extensión espacial y duración a causa de cambios en el clima (IPCC, 2012). La ocurrencia de eventos extremos puede afectar los sistemas humanos y los ecosistemas, al generar una mayor exposición y/o vulnerabilidad (IPCC, 2012); de aquí la relevancia de su análisis.

En México se han detectado cambios de los eventos climáticos extremos (INECC-PNUD, 2016a, 2016i, 2017k), los cuales se caracterizaron por medio del análisis de algunos índices seleccionados del Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI) del IPCC (Zhang & Yang, 2004) (**Figura 5.11**).

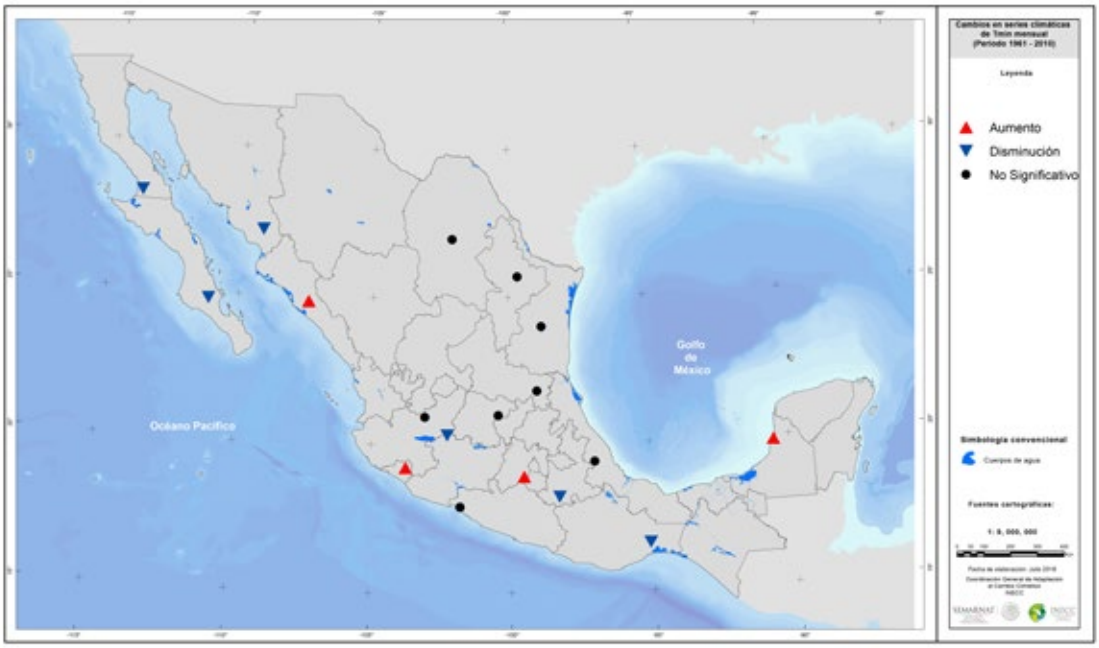
La **Figura 5.11** muestra los cambios en algunos de estos índices en México, tras considerar solamente las estaciones meteorológicas que cumplen con el control de calidad y la homogenización de datos. Es importante mencionar que la magnitud y las tendencias de los índices presentan variaciones debido a la variabilidad de las condiciones climáticas en el territorio. En general, el comportamiento que presentan los índices de eventos extremos en México es consistente con lo que se enmarca en el planeta. Se ha observado un incremento en los días cálidos (Tmáx diaria > al percentil 90), en la cantidad máxima de precipitación en 5 días consecutivos y en número de noches tropicales (Tmín > 20°C); por otra parte, el número de noches frías (Tmín < al percentil 10),

Figura 5.10. Cambios significativos en las series climáticas registradas en las estaciones meteorológicas durante el periodo 1961-2010

a) Temperatura máxima



b) Temperatura mínima.



Fuente: INECC-PNUD, 2017k.

Figura 5.11. Cambios observados en México de eventos climáticos extremos de temperatura y precipitación

Índices de eventos extremos en México		
Incremento	**Sin cambio**	**Disminución**
Días cálidos[2]	Noches frías[2]	Días fríos[2]
Calidad máxima de precipitación en cinco días consecutivos	Cantidad máxima de precipitación en un día	
Noches tropicales[1]	Precipitación total anual acumulada	

1. Dada la variedad de climas que presenta México, el umbral para la aplicación de este índice de cambio climático se modificó con respecto a la climatología que presenta cada sitio (INECC-PNUD, 2016i).
2. Este tipo de índices se define de acuerdo con percentiles, es decir se toman los extremos de las colas de una distribución y, por tanto, dependen de la climatología de cada lugar; con ello los resultados pueden ser comparables.

Fuente: INECC-PNUD, 2016a, 2016i y 2017k.

la cantidad máxima de precipitación en un día y la precipitación total acumulada se mantiene sin cambio, y hay una disminución en el número de días fríos (Tmáx < al percentil 10). Este análisis permite concluir que los valores de temperatura máxima y temperatura mínima son cada vez más altos, mientras que la cantidad de precipitación no ha cambiado, pero sí su distribución temporal.

Para el periodo 1960-2013 se ha detectado:

- Aumento en la frecuencia de temperaturas diurnas más cálidas, ya que los días cálidos están incrementándose y los días fríos están disminuyendo.
- El incremento en noches tropicales indica que existe una mayor ocurrencia de temperaturas nocturnas cálidas.
- El índice de precipitación total anual acumulada[12] tiene variaciones en sus tendencias; sin embargo, hay un mayor número de sitios en el país donde no se presentan cambios. **Figura 5.12**.
- Para el caso de los índices de *cantidad máxima de precipitación en un día* y *cantidad de precipitación máxima en 5 días*, se observa que este último presenta más sitios con tendencia al aumento, por tanto se presenta mayor precipitación en periodos largos, que en un solo día (**Figuras 5.12 a** y **5.12b**).

Por lo anterior se puede concluir que hay un mayor número de cambios en los eventos climáticos extremos de temperatura que en los de precipitación. Además, es importante señalar que el hecho de que no haya cambios en el número de eventos climáticos extremos de precipitación o temperatura no significa que no haya ocurrencia de eventos más extremos.

Los impactos relacionados con desastres no solo se deben a la ocurrencia de eventos extremos (meteorológicos o climáticos), ya que también dependen de la vulnerabilidad asociada a los elementos impactados. Los impactos extremos pueden ser consecuencia de un evento extremo, pero también pueden presentarse en áreas donde el fenómeno no es extremo pero hay alta vulnerabilidad.

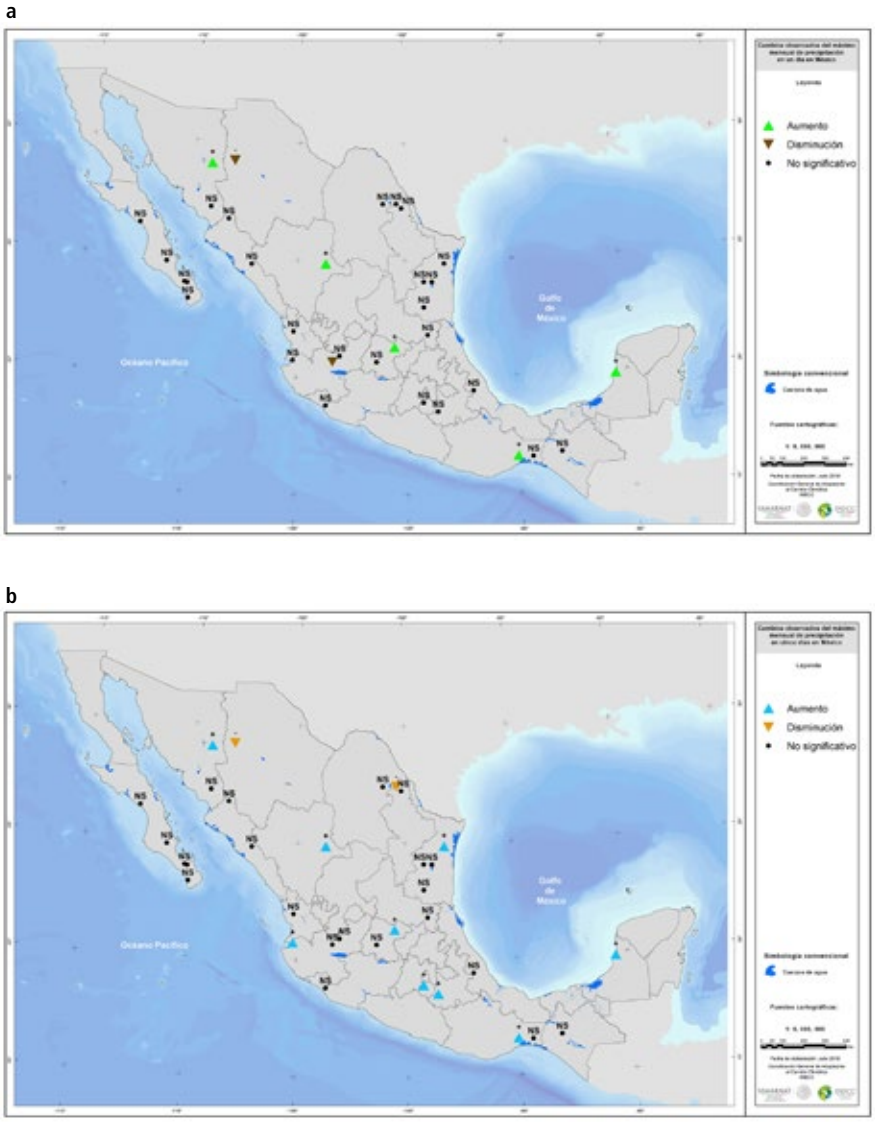
Adicionalmente al análisis de detección del cambio climático y eventos extremos se debe realizar una proyección de las condiciones climáticas para fortalecer la evaluación de la vulnerabilidad en el componente de exposición futura.

Escenarios de cambio climático

Un escenario es una descripción plausible de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos acerca de sus fuerzas motrices (por ejemplo, el ritmo de la evolución tecnológica y los precios) y de sus relaciones más importantes. En ocasiones, un escenario climático es una representación simplificada del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherentes y definidas explícitamente para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antropógeno, información que puede introducirse en los modelos de impacto. Un escenario de cambio climático es la diferencia existente entre un escenario climático y el clima actual (IPCC, 2013) (**Tabla 5.3**).

[12] Si bien, la precipitación total anual acumulada no es estrictamente un índice extremo, permite saber si existe un aumento, disminución o no hay cambio en la cantidad de lluvia en una región (Fuente: Tomado de Zhang & Yang, 2004, INECC-PNUD, 2016a).

Figura 5.12. Cambios detectados en a) cantidad máxima de precipitación en un día y b) cantidad de precipitación máxima en 5 días para México



Fuente: INECC-PNUD, 2016a.

Los escenarios relacionados con la forma en que podría cambiar el clima durante este siglo constituyen uno de los principales insumos para estudiar los efectos del calentamiento global sobre sistemas humanos y naturales. México es uno de los países de América Latina que muestran mayor experiencia en la generación, adecuación y uso de escenarios de cambio climático para estudios de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación (Gay, 2000). A pesar de que en México la comunidad dedicada a la elaboración de escenarios de cambio climático es reducida, distintos grupos de investigación han avanzado tanto en el desarrollo de propuestas propias como en la implementación de distintos métodos disponibles actualmente. En esta sección se da una introducción al uso de escenarios de cambio climático, con especial énfasis en estudios para apoyar la toma de decisiones, y se describen algunos de los avances recientes alcanzados en este campo en México.

Tabla 5.3. Avance en el tema de escenarios de cambio climático

	¿Qué hay?	Temporalidad y escenario
Modelos de circulación general	14 MCG disponibles en sistema abierto y 4 modelos en alta resolución espacial (30" de longitud x 30" de latitud) (INECC, 2014a).	Para los horizontes: cercano (2015-2039), medio (2045-2069) y lejano (2075-2099), con los 4.5 y 8.5 W/m² (RCP 4.5 y 8.5).
	Disponibilidad de variables atmosféricas en océano y en continente y en varios niveles de la atmósfera (temperatura superficial, precipitación, presión a nivel del mar y dirección e intensidad del viento superficial) (INECC, 2014b).	Para los horizontes: cercano (2015-2039) y lejano (2075-2099), con los 4.5 y 8.5 W/m² (RCP 4.5 y 8.5).
	Escenarios para México, con incrementos de 1, 1.5 y 2°C sobre la temperatura media global, en cumplimiento del Acuerdo de París (INECC-PNUD, 2017i).	Fechas estimadas para alcanzar incrementos de 1.0, 1.5 y 2°C sobre la temperatura media global.

Trayectoria de emisiones	(°C)		
	1.0	1.5	2.0
RCP 8.5	2030	2042	2053
RCP 4.5	2033	2053	2098

Regionales	Análisis de metodología para la reducción de escala de forma dinámica y estadística (INECC-PNUD, 2016c).	No aplica.
	Aplicación de modelos regionales para la simulación de procesos atmosféricos relacionados con el clima de México (Ondas del Este, Frentes Fríos, Monzón de Norte América, Oscilación Decadal del Pacifico y Oscilación del Atlántico Norte) (INECC-PNUD, 2017c).	Para los horizontes: cercano (2015-2039) y lejano (2075-2099) con el 8.5 W/m² (8.5).
Incrementos arbitrarios	Escenarios de elevación del nivel del mar para 1 y 2 m y aplicación de escenarios del nivel del mar con simulaciones de impactos de ciclones tropicales (INECC, 2014b).	No aplica.
	Escenarios de elevación del nivel del mar para 1, 3 y 5 m para 35 islas de México (INECC-PNUD, 2016e).	No aplica.

Los escenarios como una herramienta para la toma de decisiones

Las proyecciones realizadas para estudiar las consecuencias del cambio climático se denominan escenarios y tienen objetivos, características e interpretación distintos de aquellos derivados de un pronóstico. Con el fin de incrementar la utilidad de dichos escenarios en la toma de decisiones es importante conocer en qué consisten, los usos para los que fueron creados, así como las fortalezas y debilidades que ofrecen los distintos métodos empleados para generarlos.

Mientras que el objetivo de un pronóstico climático es estimar la evolución real de un sistema en el corto plazo, un escenario consiste en la descripción de un futuro verosímil que está basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas determinantes del sistema y sus principales interacciones. Los escenarios son una herramienta heurística que permite aprender acerca de la respuesta de los sistemas en estudio y pensar sobre futuros posibles que sean consistentes con la evolución de un conjunto de factores determinantes.

Existen diversos métodos para producir escenarios que propicien la realización de estudios IVA. Estos métodos varían considerablemente en diversos aspectos como: realismo en la simulación del sistema climático, representación de la incertidumbre, requerimientos técnicos y costo de computación, entre otros. El tipo de escenario deseable varía en función de su uso: no existe un tipo de escenario que sea adecuado para toda aplicación o propósito, sino que, en la mayoría de los casos, se requiere ajustarlos o producirlos a la medida de las necesidades particulares de cada uno de ellos. Por estas razones es problemático poner a disposición un

conjunto nacional único de escenarios oficiales para efectuar estudios de cambio climático. Durante los últimos años, el gobierno ha impulsado la creación de conjuntos de escenarios de cambio climático basados en métodos y propósitos diferentes, generados por distintos grupos de investigación nacionales. El objetivo ha sido contribuir a la creación de capacidades y a la conformación de un repositorio diverso de escenarios para su uso en el estudio de cambio climático en México. Es importante mencionar que algunos productos se encuentran en la fase experimental y en proceso de revisión por pares de la comunidad científica especializada en el tema. En este sentido, es fundamental fortalecer el proceso de revisión de la información que se ofrece para la toma de decisiones, en particular en el caso de los escenarios de cambio climático que son materia prima para una gama de estudios y documentos nacionales, estatales, municipales y sectoriales (Estrada *et al.*, 2012, 2013b, 2013c; INECC-PNUD, 2016).

Avances en la generación de escenarios regionales de cambio climático en México

La incertidumbre es una característica central en las proyecciones de cambio climático, y los escenarios utilizados para evaluaciones de IVA deben proveer una representación del rango de posibles cambios en el clima futuro. Así, los conjuntos de escenarios desarrollados para el INECC durante este periodo pretendieron abarcar un amplio rango de métodos, modelos, trayectorias de emisiones y resoluciones espaciales y temporales (**Tabla 5.3**). Las contribuciones hechas

Algunos criterios empleados en la selección de escenarios para la evaluación de los impactos potenciales del cambio climático

El IPCC, por conducto del Grupo de Trabajo y Apoyo en Datos y Escenarios para Evaluaciones de Impactos de Clima (IPCC-TGICA, 2007), recomienda el uso de cuatro criterios básicos para guiar la selección de escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación (IVA). Si los siguientes criterios no se cumplen, los escenarios serán difícilmente útiles para la realización de dichos estudios y para apoyar la toma de decisiones:

- *Consistencia con proyecciones globales*. Los escenarios deben ser consistentes con el rango de aumento en la temperatura global esperado para este siglo. Escenarios que impliquen calentamiento global significativamente superior/inferior al reportado en los informes del IPCC no reflejan el consenso de la literatura sobre las trayectorias de desarrollo probables y los cambios en el clima asociados.
- *Posibilidad física*. Los escenarios no deben violar leyes básicas de la física. En consecuencia, los cambios proyectados para una región deben ser físicamente consistentes con aquellos de otras regiones y con los de la escala global. De la misma forma, las combinaciones de cambios entre distintas variables deben ser físicamente consistentes.
- *Representativos*. Los escenarios deben ser representativos del rango de cambios proyectados en el clima regional. La magnitud, y en algunos casos el signo, de los cambios proyectados en variables climáticas para este siglo son altamente inciertos. Esta incertidumbre debe verse reflejada en los estudios de IVA y debe incluirse en el proceso de toma de decisiones.
- *Aplicabilidad para estudios de IVA*. Los escenarios deben describir con un número suficiente de variables y en una escala espacial y temporal adecuada para el estudio en cuestión. Este criterio también incluye que los escenarios para IVA sean fácilmente accesibles y manejables por los aplicadores de dichos estudios.

Estudios recientes realizados para el gobierno de México sobre escenarios de cambio climático ofrecen algunas recomendaciones adicionales para análisis de IVA:

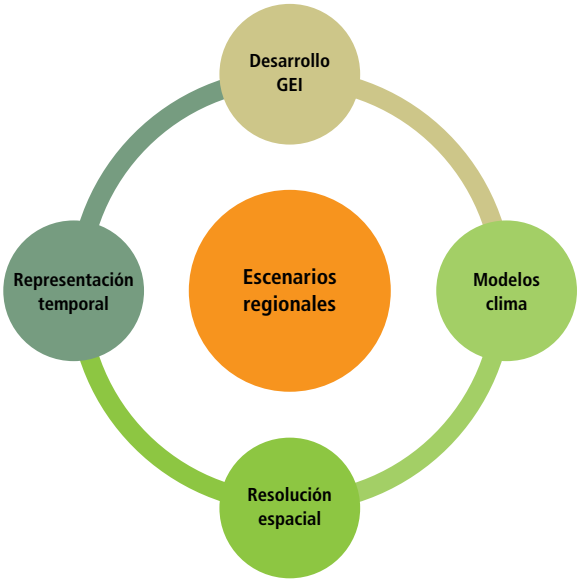
- *Los objetivos del estudio de IVA determinan las características deseables para los escenarios*. Los escenarios de cambio climático se generan para propósitos particulares. Las características deseables para investigar procesos físicos deben complementarse con información socioeconómica pertinente a fin de estimar los impactos sectoriales en los estados, así como analizar los efectos de estrategias de política climática en el país. Distintas preguntas de investigación conllevan distintas necesidades de información.
- *Mayor complejidad y detalle no necesariamente equivale a mejores escenarios para estudios de IVA*. Los usuarios de escenarios deben evaluar cuidadosamente los beneficios y costos de aumentar complejidad y detalle. Debido al costo de cómputo y a requerimientos técnicos para su generación y aplicación, los escenarios de cambio climático implican un intercambio entre resolución espacial/temporal y representación de incertidumbre.
- *Escenarios basados en modelos simples, físicamente consistentes, pueden ofrecer importantes ventajas para estudios de IVA*. Dependiendo de los objetivos de las evaluaciones de IVA y de los modelos que se utilicen para ello, métodos para generar escenarios de cambio climático simples y flexibles pueden ofrecer ventajas importantes. Algunas de estas ventajas son la capacidad de representación probabilística de los cambios proyectados y de los impactos asociados, así como explorar consecuencias de escenarios de política que no estén disponibles usando modelos climáticos complejos, por ejemplo, la CND.

en estos trabajos se agrupan en cuatro dimensiones: *1)* desarrollo socioeconómico y trayectorias de emisiones; *2)* modelación climática; *3)* regionalización espacial, y *4)* resolución temporal. Este agrupamiento también provee una forma práctica para decidir las características deseables en los escenarios regionales, ya que abarcan sus diferentes dimensiones e interdependencias. La **Figura 5.13** presenta un esquema en el que se consideran las cuatro dimensiones antes mencionadas (INECC-PNUD, 2018d). Es importante señalar que, dependiendo del problema de estudio, el número y los temas de las dimensiones podrían ser diferentes.

La primera dimensión del esquema representado por la **Figura 5.13** se refiere a la incertidumbre en cuanto a las posibles líneas de desarrollo socioeconómico y tecnológico del planeta, que determinan la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés) proveen distintas historias de desarrollo internamente consistentes que abarcan variables como crecimiento poblacional y económico, cambio tecnológico, contexto político, entre otras. Las SSP pueden ser consistentes con uno o más escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, llamados trayectorias de concentraciones representativas (RCP, por sus siglas en inglés) (IPCC, 2017). Si bien las SSP y RCP son las más comúnmente utilizadas, existe un creciente interés en complementar las RCP con escenarios de política que representen los esfuerzos internacionales de mitigación discutidos en las negociaciones internacionales actuales. Una representación adecuada de esta fuente de incertidumbre, que abarque casos de acción e inacción, permitirá evaluar los beneficios potenciales de esfuerzos de mitigación internacional y contribuir a guiar la política climática.

Varios estudios realizados para el gobierno después de la *Quinta Comunicación Nacional* han contribuido a explorar esta dimensión. Entre los productos generados destacan: *1)* escenarios socioeconómicos consistentes con las SSP para las escalas global, nacional, estatal y con una resolución espacial de 0.5° x 0.5° (INECC-PNUD, 2016f; 2018; véase el capítulo 4); *2)* escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero que representan posibles resultados de esfuerzos internacionales de mitigación (Acuerdo de París, CND) y distintos niveles de cumplimiento de actores clave como EUA y China (INECC-PNUD, 2017i, 2018); *3)* escenarios lineales de emisiones que abarcan un amplio rango de trayectorias de emisiones consistentes con inacción y con distintos esfuerzos internacionales de mitigación (INECC-PNUD, 2017i); aplicación de distintos escenarios RCP de referencia (RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5) y de política (RCP3PD). Estos escenarios se utilizaron para generar escenarios de clima y estudios de evaluación de IVA (INECC-PNUD, 2018d).

Figura 5.13. Esquema de las diferentes dimensiones de los escenarios regionales de cambio climático



La segunda dimensión de la **Figura 5.13** representa distintas opciones de modelos de clima para generar escenarios de cambio climático. Estas opciones varían en cuanto a complejidad y realismo para simular el sistema climático, costo computacional, disponibilidad y flexibilidad, entre otros. Los modelos más sencillos son aquellos de balance de energía y los llamados modelos de caja, y la complejidad aumenta hasta los modelos del Sistema Tierra y los modelos de Circulación General Acoplados Océano-Atmósfera actuales (ESM y AOGCM, respectivamente). Estos últimos proveen la representación más completa del sistema climático y ocupan el lugar

más alto en la jerarquía de modelos de clima (Collins *et al*., 2013; IPCC, 2007; Flato *et al*., 2013). Cada tipo de modelo tiene ventajas y limitaciones para la realización de estudios de IVA y, dependiendo de los objetivos del estudio, alguno de ellos —o la combinación de varios— podría ser preferible. Es importante subrayar que no necesariamente los modelos más complejos representan la mejor opción para todos los estudios; la elección del tipo de modelo depende de los objetivos del estudio particular. En general, la modelación simple y flexible, que preserva las características esenciales de los procesos que se están representando, facilita la toma de decisiones y permite evaluar una variedad de posibles escenarios y estrategias de respuesta. Para más información sobre escenarios véase el anexo al final del capítulo.

Los escenarios de cambio climático utilizados en la presente comunicación nacional se obtuvieron mediante distintos tipos de modelos, desde modelos de complejidad reducida hasta AOGCM y ESM (**Tabla 5.4**). Algunos de los estudios utilizaron modelos simples combinados con distintos enfoques para el manejo de incertidumbre (INECC-PNUD, 2017i, 2018d). La flexibilidad y el bajo costo computacional de estos modelos permitió adoptar enfoques probabilísticos y de lógica difusa que permiten una mejor representación de incertidumbre y generar medidas e índices de riesgo. De esta forma se evaluaron los riesgos e impactos del cambio climático, así como los beneficios de acciones de mitigación internacional. En contraste, otras aplicaciones, tales como la modelación de distribución de especies bajo condiciones de cambio climático (INECC-PNUD, 2016g; INECC, 2017e) y la evaluación de cambios en la productividad agrícola, utilizaron las salidas de AOGCM y ESM (véase el apartado "Avances en el conocimiento de la vulnerabilidad al cambio climático"). Esfuerzos internacionales de modelación, tales como el CMIP5 (https://pcmdi.llnl.gov/?cmip5/access_overview.html), ofrecen libre acceso a una gran cantidad de simulaciones producidas con AOGCM y ESM. Esto ha facilitado su utilización en estudios reportados sobre las posibles consecuencias climáticas y socioeconómicas de distintas trayectorias de emisiones en esta comunicación nacional.

Tabla 5.4. Modelos de Circulación General

Institución	País	Siglas del Modelo	Resolución
Beijing Climate Centre Climate System Model	República Popular China	BBC CSM1	0.5° x 0.5°
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis	Canadá	CanESM	0.5° x 0.5°
Centre National de Recherches Météorologiques	República Francesa	CNRM CM5	0.5° x 0.5° 30″ x 30″
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	Mancomunidad de Australia	CSIRO Mk3	0.5° x 0.5°
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (NOAA)	Estados Unidos de América	GDFL CM3	0.5° x 0.5° 30″ x 30″
Goddard Institute for Space Studies (NASA)	Estados Unidos de América	GISS E2 R	0.5° x 0.5°
Hadley Center	Reino Unido	HADGEM2 ES	0.5° x 0.5° 30″ x 30″
Institute for Numerical Mathematics	Federación de Rusia	INM	0.5° x 0.5°
Institut Pierre Simon Laplace	República Francesa	IPSLcm5a lr	0.5° x 0.5°
Model for Interdisciplinary Research on Climate	Estado del Japón	MIROC ESM	0.5° x 0.5°
		MIROC ESM CHEM	0.5° x 0.5°
		MIROC5	0.5° x 0.5°
Max Plank Institut für Meteorologie	República Federal de Alemania	MPIESM LR	0.5° x 0.5° 30″ x 30″
Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency	Estado del Japón	MRI CGCM3	0.5° x 0.5°
Norwegian Earth System Model	Reino de Noruega	NCC NorESM1	0.5° x 0.5°

Fuente: http://atlasclimatico.unam.mx/AECC_descargas/

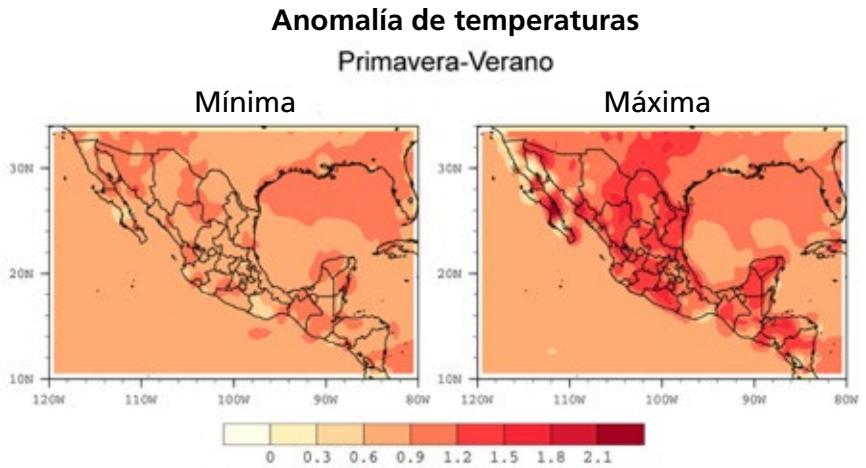
Una recomendación esencial para la realización de estudios de IVA es el uso de varios escenarios producidos por diferentes modelos de clima, ya que la incertidumbre en la modelación de este sistema es considerable y distintos modelos pueden llevar a resultados contrastantes, particularmente en variables como la precipitación. Algunos criterios comúnmente utilizados para escoger el conjunto de modelos consisten en que sus resultados sean representativos de los posibles climas futuros y que sean capaces de simular razonablemente el clima actual. Sin embargo, es importante notar que no existe un consenso en torno de cuáles métricas son las más adecuadas para este propósito y que un buen desempeño para simular el clima presente no garantiza más certeza a la hora de proyectar el clima futuro (Weigel *et al.*, 2010; Knutti & Sedláček, 2012; Notz, 2015).

Para la *Sexta Comunicación Nacional*, el gobierno de México apoyó los primeros acercamientos para realizar escenarios de cambio climático utilizando métodos dinámicos de reducción de escala (INECC-PNUD, 2017c). Se utilizó el modelo regional RegCM-4.6.0 y las observaciones de ERA-interim para evaluar las capacidades de este en la reproducción de los procesos que aportan a la variabilidad climática de México para el periodo histórico 1980-2009, del futuro cercano 2015-2039 y del lejano 2070-2099, bajo un escenario y con dos modelos globales. Este trabajo se aplicó para explorar posibles cambios en eventos extremos, la ocurrencia de frentes fríos, el Monzón de Norteamérica y cambios en algunos modos de variabilidad (**Figura 5.14**).

Evaluar el impacto de la intervención humana en el sistema clima requiere considerar horizontes temporales largos debido, en gran medida, al largo tiempo de residencia de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, los tiempos de respuesta del sistema clima, así como la inercia propia de los procesos socioeconómicos que generan la emisión de dichos gases. La evaluación de las consecuencias del cambio climático sobre sistemas naturales y humanos requiere también un horizonte temporal largo, ya que los impactos más significativos de este fenómeno ocurrirán en el mediano y largo plazos. A pesar de que el corto plazo resulta generalmente más familiar para tomadores de decisiones y está caracterizado por una menor incertidumbre, ignorar lapsos más largos podría subestimar la magnitud de las consecuencias del fenómeno y la importancia de adoptar acciones encaminadas a reducir las consecuencias del cambio climático.

En el análisis del corto plazo (primera mitad del presente siglo) existen únicamente pequeñas diferencias entre distintos escenarios de desarrollo socioeconómico y de emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que cualquier escenario lleva a cambios muy similares en el clima. La incertidumbre causada por esta fuente es muy pequeña, lo que

Figura 5.14. Escenario de cambio climático producido con métodos de reducción de escala dinámicos



Anomalías de temperaturas máxima y mínima durante primavera-verano del futuro cercano: 2015-2039 respecto del histórico: 1980-2004.

Fuente: INECC-PNUD, 2017c.

permite en principio dedicar más recursos a explorar las dimensiones en los escenarios de cambio climático, por ejemplo, en términos de resolución espacial. En este análisis, la razón entre respuesta al forzamiento y variabilidad interna de los modelos es menor que la que se obtendría en horizontes de más largo plazo. Los estudios de corto y mediano plazos pueden ser más útiles para guiar acciones de adaptación, ya que: *1)* aumentos en las temperaturas globales menores a 2ºC ocurrirán en las próximas décadas, independientemente de que se instrumenten acuerdos internacionales de mitigación muy ambiciosos; *2)* debido a la existencia de límites a la adaptación, estas acciones serán más exitosas para cambios moderados en el clima y, dado que estos cambios ocurrirán en el corto plazo, la instrumentación de dichas acciones en el futuro cercano resulta mucho más eficiente. Es también importante recordar que en el marco de las evaluaciones de IVA, al considerar horizontes temporales cercanos, existen otras fuerzas distintas de cambios en el clima que pueden ser más significativas para determinar el estado de la región, sector o actividad, según un determinado estudio. Por otro lado, el análisis del largo plazo requiere explorar más ampliamente la incertidumbre causada tanto por distintas trayectorias de desarrollo y emisiones como por incertidumbres en la modelación del clima. Debido a que los niveles de incertidumbre aumentan con el paso del tiempo, es imprescindible considerarlas en el contexto de la toma de decisiones (**Figuras 5.15 y 5.16**).

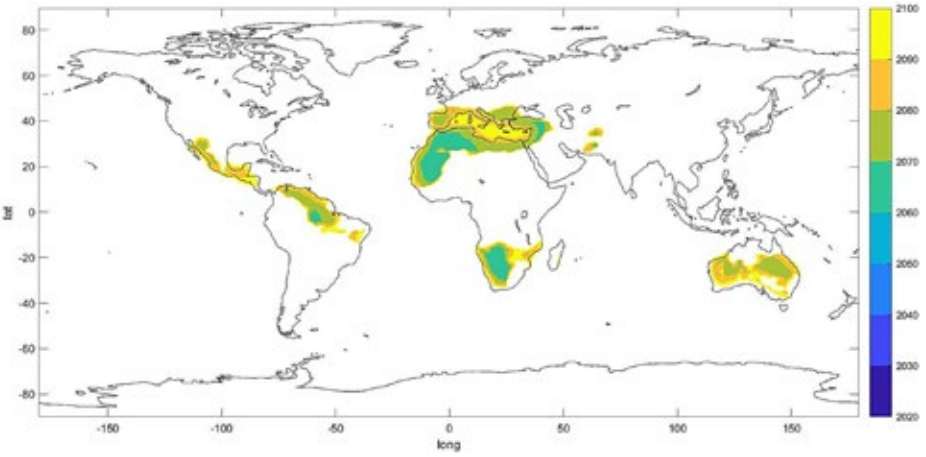
Escenarios de incremento del nivel del mar para México

Se realizaron los primeros avances en escenarios de incremento del nivel mar, uno sobre el impacto que este podría representar en 35 islas prioritarias de México con escenarios de uno, tres y cinco metros del nivel estático del mar (INECC-PNUD, 2016e), y el segundo de uno y dos metros para todo el país, así como una simulación de escenarios de marea de tormenta para cuatro localidades (Tampico, Isla de Holbox, Bahía de Manzanillo y La Paz) (véase el apartado "Avances en el conocimiento de la vulnerabilidad al cambio climático") (INECC,2014 b).

Las zonas que podrían presentar mayor impacto ante un ascenso estático del nivel del mar con escenarios de uno y dos metros de aumento para el país son: las llanuras costeras del Golfo de México, del Pacífico y la Península de Yucatán; son las más afectadas, como se muestra en la **Figura 5.17**. Al incluirse la modelación numérica para las cuatro localidades, los escenarios estáticos no dimensionan la problemática del aumento del nivel del mar en las zonas costeras (INECC, 2014b).

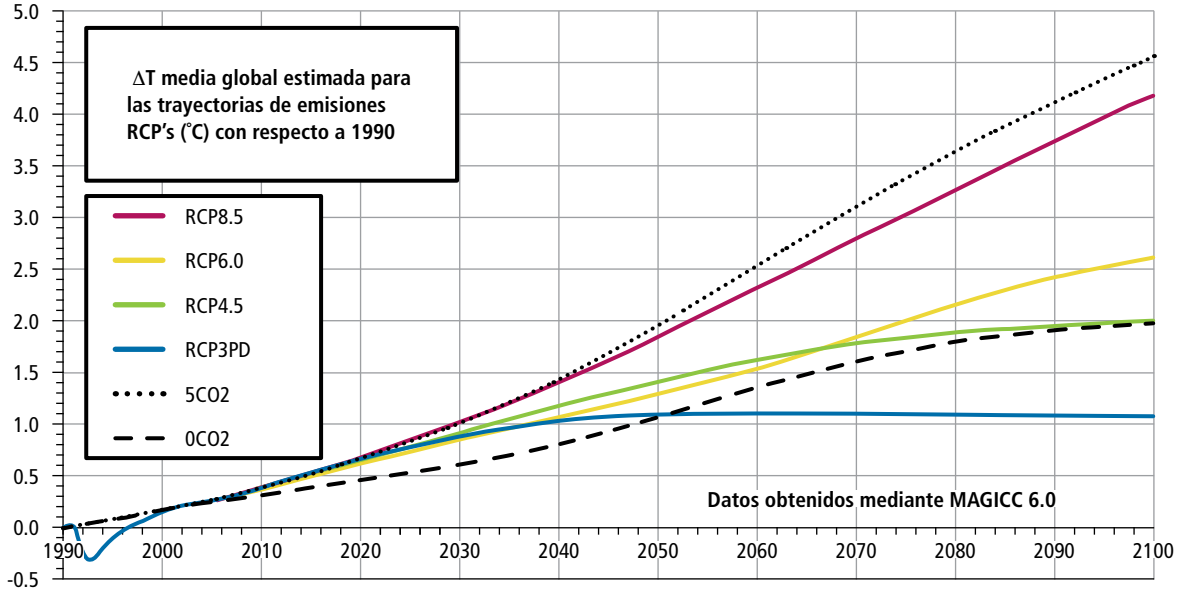
Se debe seguir avanzando en estudios sobre los posibles impactos que puede representar el incremento del nivel del mar en México.

Figura 5.15. Fechas en que se rebasa umbral conjunto



Fechas estimadas en las cuales se rebasaría de forma conjunta un calentamiento mayor de 4°C y una disminución mayor de 10% en el valor anual de estas cantidades, en cada punto de la malla (modelo CLIMRISK).
Fuente: INECC-PNUD, 2018d.

Figura 5.16. Series de tiempo de incrementos en la temperatura media global para los RCP obtenidos con MAGICC6.0



También se incluyen en la gráfica las series correspondientes a las trayectorias lineales de emisiones 5CO2 y 0CO2. Por ello pueden tomarse como referencia los escenarios lineales 5CO2 y 0CO2 para establecer la incertidumbre de las fechas en las que se podrían alcanzar los umbrales de 1.0, 1.5 y 2°C, dichos intervalos son los siguientes: 1°C entre 2030 y 2048, 1.5°C entre 2041 y 2066, y 2°C entre 2051 y 2100.
(Meinshaussen et al., 2011)

Figura 5.17. Zonas susceptibles de inundarse en escenarios de ascenso estático del nivel del mar de 1 y 2 m

Por la escala del mapa, apenas se alcanzan a distinguir las zonas vulnerables. Destacan las llanuras y pantanos tabasqueños, la costa baja de Quintana Roo, la costa de Yucatán, la llanura costera y deltas de Sonora y Sinaloa, Ciudad Madero y Tampico en Tamaulipas, llanuras de Magdalena en B.C.S., Guerrero Negro en B.C.S., y el delta del río Colorado.
Fuente: INECC, 2014b.

5.2 Vulnerabilidad al cambio climático

México es particularmente vulnerable al cambio climático debido a que el territorio tiene grandes contrastes climáticos por estar ubicado entre el trópico y la zona subtropical, entre dos océanos (Atlántico y Pacífico), y por tener una topografía compleja y accidentada (Cavazos, 2015). La ubicación del país en la región intertropical lo expone al embate de ciclones, no solo a las marejadas y vientos que se resienten en las zonas costeras, sino también a las lluvias intensas que estos generan y que pueden causar inundaciones y deslaves, incluso en el interior del país.

El país enfrenta sequías que afectan la agricultura, la ganadería y la economía en general. Durante la época de secas se presentan incendios forestales, los cuales pueden alcanzar proporciones extraordinarias y ocasionar pérdidas diversas y de coberturas forestales (véase el capítulo 1).

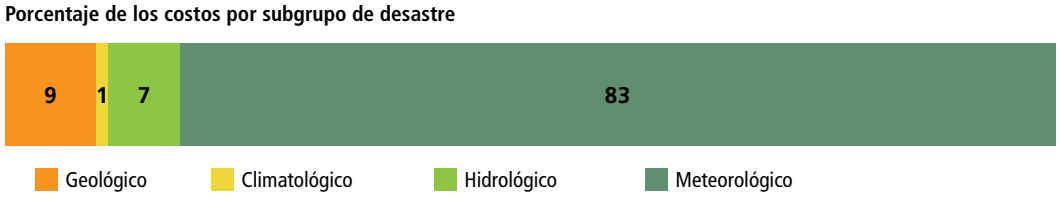
Por otro lado, durante el otoño y el invierno se presentan diferentes sistemas meteorológicos de latitudes medias, como frentes fríos, ondas gélidas y heladas. Estas condiciones hacen del territorio un sitio altamente expuesto a diferentes fenómenos meteorológicos y a resentir sus efectos prácticamente durante todo el año.

De acuerdo con la base de datos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN),[13] 91% de los recursos autorizados por declaratoria de desastre, de 1999 a 2017, están relacionados con el clima (**Figura 5.18**).

En la **Figura 5.19** se puede apreciar cómo los desastres con declaratoria relacionados con el clima fueron aumentando a lo largo del periodo 1999-2017; sobresalen los años 2010 y 2013, los cuales representan los mayores gastos en desastres relacionados con el clima. De acuerdo con los recursos autorizados por declaratoria de desastre, los eventos más costosos han sido, en conjunto, los ciclones tropicales Manuel e Ingrid, ocurridos en 2013 (**Figura 5.20**).

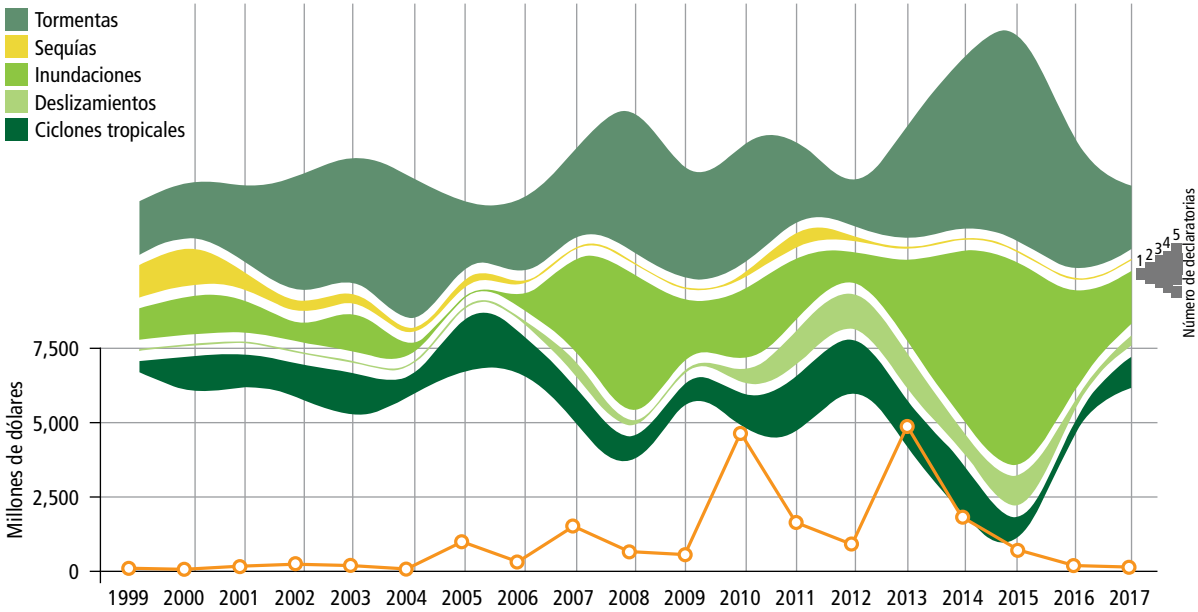
[13] http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Recursos_Autorizados_por_Declaratoria_de_Desastre

Figura 5.18. **Gasto total por tipo de declaratoria de desastre, 1999-2017**



Fuente: elaborado por INECC-CGACC, 2018. Con datos de Protección Civil.

Figura 5.19. **Número de declaratorias por desastres relacionados con el clima (1999-2017) y gasto anual del FONDEN en mdd por estos desastres**



El sector agrícola es cubierto por SAGARPA, por lo que la SEQUÍA se ve menos representada.

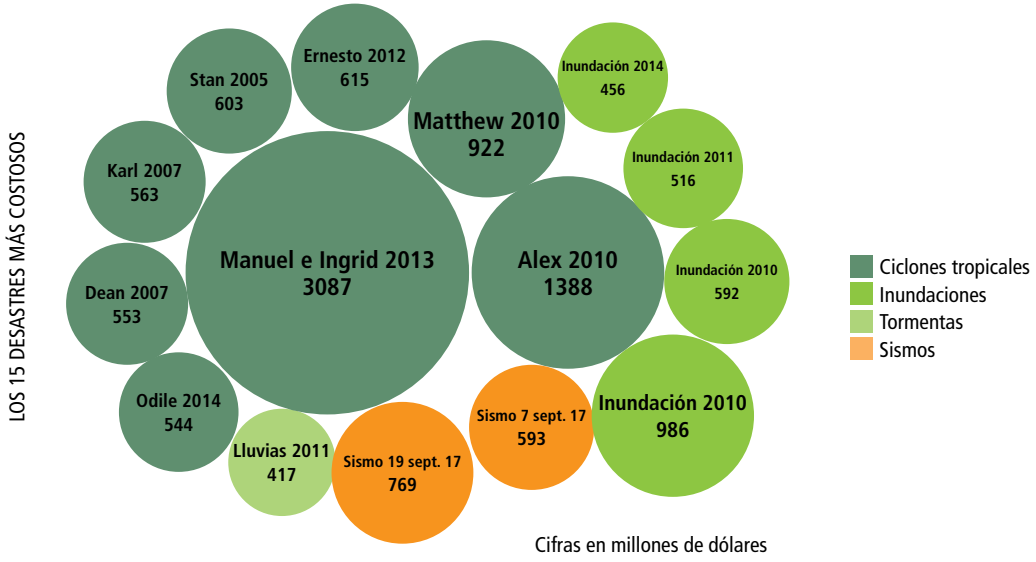
Corregido a la tasa de cambio promedio.

Fuente: elaborado por INECC-CGACC, 2018. Con datos de Protección Civil.

Entre 1999 y 2017, por cada desastre geológico hay una ocurrencia de 13 desastres relacionados con el clima y su costo ha sido 10 veces mayor. Por ello es importante evaluar la vulnerabilidad de México ante el cambio climático.

México cuenta con dos instrumentos para atender los desastres naturales: uno preventivo, el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), y otro reactivo, el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). En el periodo 2012-2015 se invirtieron 110 mdd (cifra corregida al 2017) del FOPREDEN con el objetivo reforzar las iniciativas dirigidas a prevenir los desastres. Estos proyectos preventivos intentan beneficiar a la población más expuesta y vulnerable a fenómenos naturales perturbadores; entre ellos destacan: la evaluación del sistema nacional de protección civil, la automatización de mapas para alertas tempranas de frentes fríos y nortes, el sistema de estimación de peligro y mapas de riesgos por inundación, el reforzamiento de las redes de monitoreo del nivel del mar y el sistema nacional de alerta de tsunamis, la elaboración del Altas de Riesgos Estatales y la integración de estos instrumentos al *Atlas nacional de riesgos*.

Figura 5.20. **Los 15 desastres naturales más costosos de 1999 a 2017**



Todos los costos se corrigieron a 2017 con la tasa promedio del dólar

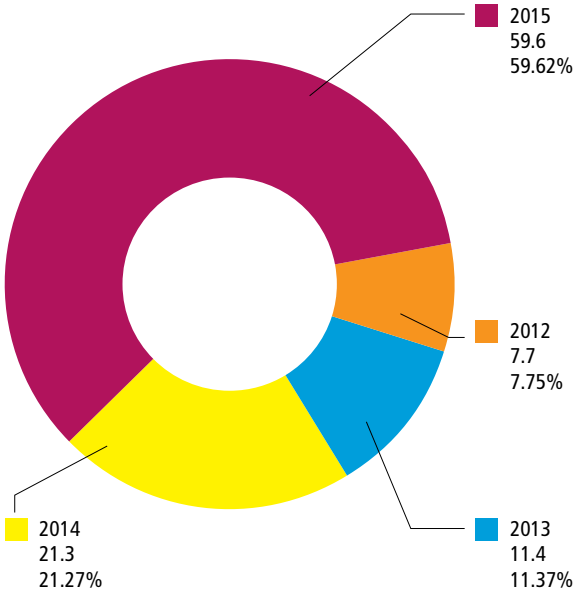
Elaborado por INECC-CGACC, 2018. Con datos de Protección Civil.

Las inversiones del FOPREDEN en este periodo pretenden potenciar el aprovechamiento de los recursos financieros disponibles y magnificar los resultados ligados principalmente a la preservación de la vida e integridad física de las personas, así como la de los servicios de infraestructura pública y el medio ambiente (**Figura 5.21**).

Si se compara la inversión en el FONDEN durante el mismo periodo (2012-2015), puede comprobarse que se invirtió cerca de 78 veces más en el FONDEN que en el FOPREDEN, lo que indica que México se sigue caracterizando por actuar de manera reactiva más que preventiva ante los desastres.

Dada la incidencia cada vez más recurrente de fenómenos hidrometeorológicos extremos y su impacto en la población, así como el escaso presupuesto destinado a la prevención de desastres, es necesario fortalecer el conocimiento por parte de la ciudadanía de los impactos a los cuales está expuesta y privilegiar la prevención del desastre por encima de la atención al mismo (DOF, 2014).

Figura 5.21. **Porcentaje del gasto total por año del FOPREDEN**



Fuente: elaborado por INECC-CGACC, 2018. Con datos de Protección Civil.

Avances en el conocimiento de la vulnerabilidad al cambio climático

México ha avanzado en el conocimiento necesario para la evaluación de los tres componentes de la vulnerabilidad al cambio climático.

Se han realizado estudios que contribuyen al entendimiento de la *exposición* y la *sensibilidad* actual y futura para determinar los impactos actuales y potenciales asociados al cambio climático en sistemas sociales, actividades productivas y capital natural.

También se ha generado información en diferentes niveles de análisis para la determinación de la *capacidad adaptativa*, una vez considerados los recursos humanos y financieros, la estructura institucional, los instrumentos de gestión y planeación, y el nivel de organización social con los que se cuenta para enfrentar los potenciales impactos de cambio climático.

Los resultados obtenidos de los estudios sobre los distintos componentes de la vulnerabilidad que se mencionan a continuación han brindado información y conocimiento para una mejor evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en México.

Estudios sobre sensibilidad actual y futura

Efectos potenciales del cambio climático en la distribución de especies

México ha trabajo en la modelación de nicho ecológico de especies a partir de escenarios de cambio climático. Esta información proporciona las bases para la propuesta de nuevas áreas prioritarias para la conservación que favorecen la conectividad entre áreas naturales protegidas y sobre la sensibilidad de la biodiversidad de las islas del país.

Áreas potenciales de conservación de especies

Los resultados permitieron identificar áreas prioritarias para la conservación de especies de vertebrados terrestres, endémicas y en riesgo, y una propuesta de conectividad bajo escenarios de cambio climático para el Altiplano Mexicano y para la Faja Volcánica Transversal (FVT) (INECC, 2012).

Bajo escenarios de cambio climático, en el Altiplano Mexicano se proyecta mayor pérdida de condiciones aptas para las especies, si bien, considerando el cambio de uso del suelo, la Faja Volcánica Transversal presenta mayores retos para la conservación (INECC, 2012) (**Figura 5.22**).

El estudio propone que, en escenarios de cambio climático, se tendría que incrementar el área protegida en la región del Altiplano en alrededor de 7%, mientras que en la región de la FVT, en casi 10% a fin de lograr la mayor representatividad de especies.

Especies insulares

En las islas de México, las áreas de distribución potencial podrían reducirse para las aves y los anfibios, mientras que para las plantas y los mamíferos podrían aumentar.

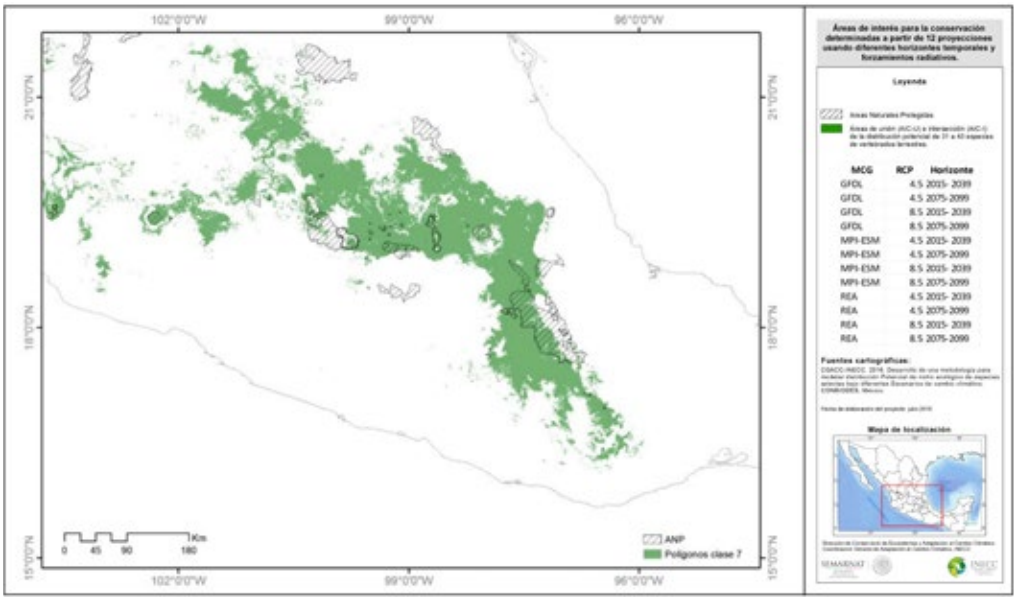
En cuanto a la riqueza potencial futura, las islas de las regiones del Golfo de California y el Mar Caribe son más sensibles a los efectos del cambio climático que las de la región del Pacífico. Las aves y los mamíferos pueden presentar las mayores pérdidas potenciales de especies, en comparación con los reptiles, plantas y anfibios (INECC-PNUD, 2016e, 2017b).

Se modeló la distribución potencial de 46 especies de plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos que habitan en 11 islas de México, bajo dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5) y tres horizontes temporales: cercano (2015-2039), medio (2045-2069) y lejano (2075-2099), producidos por cuatro modelos generales de circulación: MPI-ESM-LR, GFDL-CM3, HADGEM2-ES y CNRM.

Propuesta para evaluar la vulnerabilidad de especies

El estudio "Propuesta metodológica para evaluar la vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático de la biodiversidad en México: el caso de las

Figura 5.22. **Áreas potenciales de conservación en el Altiplano Mexicano, considerando 12 proyecciones de cambio climático**



Fuente: INECC, 2012.

especies endémicas, prioritarias y en riesgo de extinción" (INECC, 2017e) analizó la sensibilidad y la exposición de especies de vertebrados, plantas e insectos, considerando 12 escenarios de cambio climático conformados por tres modelos de circulación general (GFDL-CM3, HADGEM2-ES y MPI-ESM-LR), dos horizontes temporales (futuro cercano y lejano), y dos forzamientos radiativos (RCP 4.5 y RCP 8.5). La capacidad adaptativa consideró los recursos, instrumentos, capital humano e institucional.

Como resultado de este análisis se obtuvo un índice de vulnerabilidad para 206 especies que indica los cambios potenciales en las condiciones del hábitat en que se distribuye cada especie (**Figura 5.23**).

Efectos potenciales del cambio climático en ecosistemas

El bosque de coníferas, las selvas húmedas, la vegetación halófila e hidrófila podrían disminuir su área de distribución potencial, mientras que las selvas secas podrían aumentarla.

Zonas bioclimáticas

El estudio "Actualización y análisis del impacto del cambio climático en zonas bioclimáticas de México con nuevos escenarios de cambio climático" (INECC-PNUD, 2016b) analizó los posibles impactos del cambio climático en las principales formaciones vegetales de México mediante la modelación de su distribución geográfica potencial. Las zonas bioclimáticas se observan en la **Figura 5.24**.

Se consideraron tres modelos de circulación general l (GFDL CM3, HADGEM2 ES y MPI ESM LR) con dos RCP: 4.5 y 8.5.

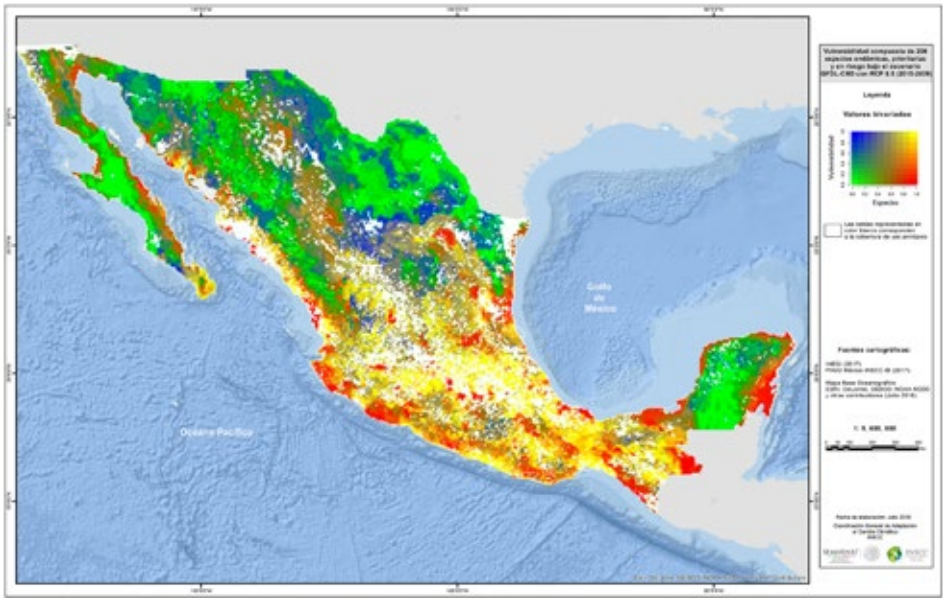
Los resultados indican que las zonas bioclimáticas con menores requerimientos de humedad tienden a incrementar su área de distribución, mientras que las que tienen mayores requerimientos de humedad tienden a disminuirla, considerando los escenarios evaluados (**Figura 5.25**).

Prioridades para la conservación y restauración de la biodiversidad de México

Se identificaron prioridades para la conservación y restauración de la biodiversidad ante los impactos combinados del calentamiento global y la fragmentación de los hábitats.

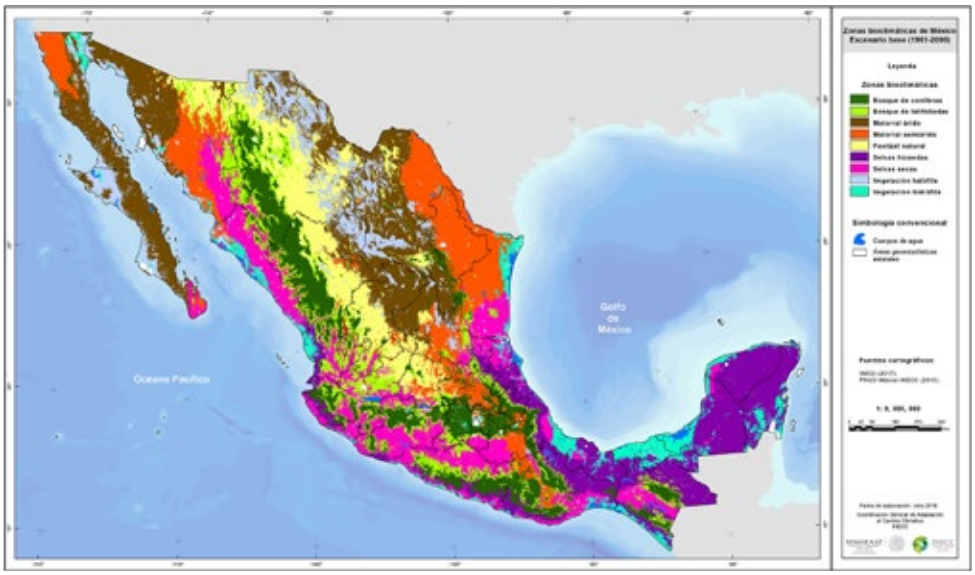
La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) —en colaboración con la Comisión Nacional de Áreas Naturales

Figura 5.23. Vulnerabilidad compuesta de las 206 especies en un escenario GFDL 8.5 2015-2039



Nota: la zona amarilla indica el mayor número de especies con alta vulnerabilidad; la verde, el menor número de especies con baja vulnerabilidad.
Fuente: INECC, 2017e.

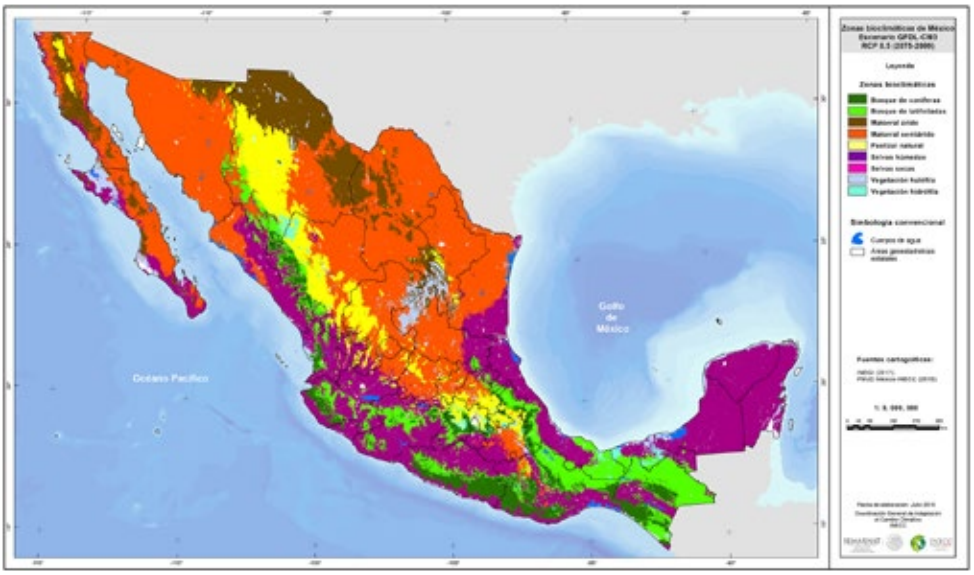
Figura 5.24. Escenario base para las 9 zonas bioclimáticas consideradas en este estudio



Fuente: INECC-PNUD, 2016b

Protegidas (CONANP), en el marco del proyecto "Fortalecimiento de la resiliencia para salvaguardar la biodiversidad amenazada por el cambio climático" (CONANP, 2017a) y alineado al *Programa especial de cambio climático* 2014-2018— ha trabajado en la identificación de refugios climáticos y corredores para conectar fragmentos de vegetación nativa en mejor estado de conservación. Los corredores tie-

Figura 5.25. Cambios proyectados con respecto al escenario base para cada una de las nueve formaciones vegetales, considerando el modelo GFDL-CM3 con RCP 8.5 para el horizonte 2075-2099



Fuente: INECC-PNUD, 2016b.

nen como objetivo aumentar la probabilidad de dispersión de los organismos al ubicar rutas con menor transformación humana y que además eviten cambios bruscos del clima (Nuñez *et al.*, 2013).

Los modelos de conectividad incorporan un índice de impacto humano y la evapotranspiración como variable climática para el periodo base (1980-2009) y para tres horizontes futuros (2015-2039, 2045-2069 y 2075-2099), representados por los cuatro modelos de circulación global utilizados en el proyecto —MPI-ESM-LR, GFDL-CM3, HADGEM2-ES y CNRMCM5—, en dos escenarios de emisión: RCP 4.5 y 8.5. Por otra parte, existen diversas formas para identificar refugios climáticos que puedan ser utilizados por las especies para persistir y posteriormente expandirse (Ashcroft, 2010; Keppel *et al.*, 2012) y que puedan diferenciarse por la escala con la que se identifican. Los macrorrefugios pueden identificarse a partir de esquemas de clasificación que consideren el comportamiento bioclimático de la región. En el marco de este proyecto se desarrolló un índice de estabilidad climática basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, (**Figuras 5.26 y 5.27**).

Zonas áridas y semiáridas

Las zonas áridas y semiáridas de México representan aproximadamente 60% del territorio continental del país. Se han caracterizado algunos aspectos climáticos y de cambios de coberturas de suelo para cinco ecorregiones (sonorense, chihuahuense, tamaulipeca, Altiplanicie mexicana y Valle de Tehuacán-Cuicatlán) (INECC-PNUD, 2017j).

En general, todas las ecorregiones presentan tendencias de aumento de temperaturas (tanto máximas como mínimas), al igual que altos niveles de incidencia de eventos climáticos extremos (**Figura 5.28**) (INECC-PNUD, 2017j).

Estos resultados sientan las bases para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de estas zonas en particular.

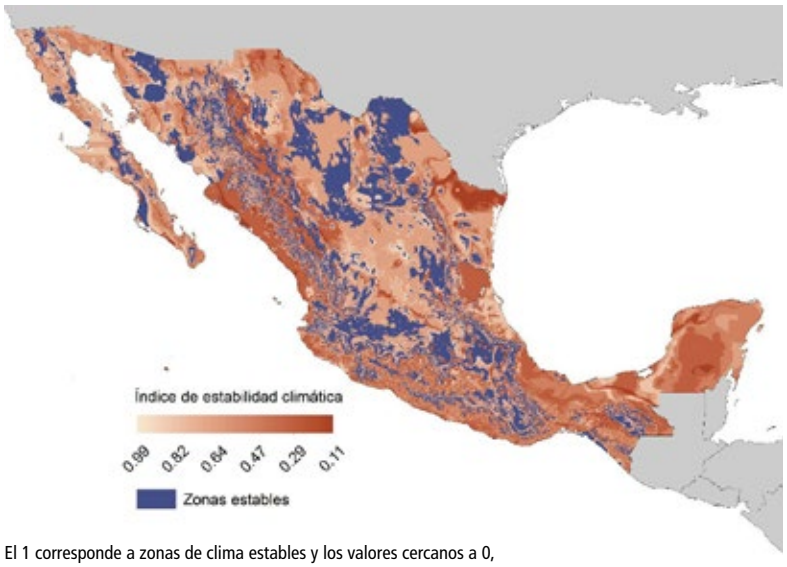
Efectos potenciales del cambio climático en islas y zonas costeras

Territorio insular

Las islas mexicanas más afectadas por aumento del nivel del mar se localizan en la región del Golfo de México y el Mar Caribe. Entre 1 y 3.8% de la superficie insular nacional quedaría sumergida en caso

Figura 5.26. Corredores de gradiente climático propuestos para fomentar la conectividad del paisaje

Figura 5.27. Índice de estabilidad climática (RCP 4.5; 2045-2069)



El 1 corresponde a zonas de clima estables y los valores cercanos a 0, a los mayores cambios en la distribución de las zonas de vida.

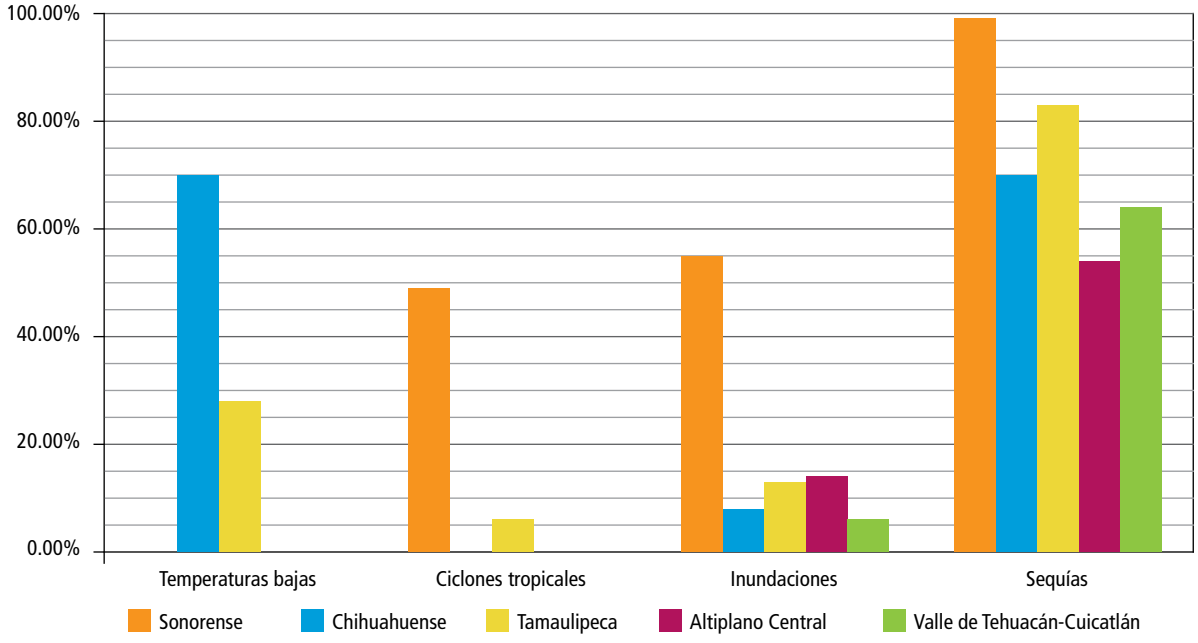
de presentarse escenarios con incremento del nivel del mar de 1 y 5 m, respectivamente.

El Golfo de México y el Mar Caribe presentan la mayor vulnerabilidad al cambio climático de especies de importancia pesquera, en comparación con el Pacífico Norte, el Golfo de California y el Pacífico Tropical.

Se requieren instrumentos jurídicos, nacionales e internacionales, de defensa de la soberanía ante la eventual pérdida de territorio insular, mar territorial y zona económica exclusiva.

En México se tienen avances de los impactos de la elevación del nivel del mar (sin considerar los efectos de las mareas y la ocurrencia de eventos

Figura 5.28. **Presencia de eventos extremos por ecorregión árida y semiárida**



Fuente: INECC-PNUD, 2017j.

extremos) sobre 35 islas mexicanas y su zona de influencia, con escenarios de 1, 3 y 5 m de elevación, considerando las características geomorfológicas, oceanográficas y atmosféricas en cuatro regiones oceánicas: Pacífico Norte, Golfo de California, Pacífico Tropical, y Mar Caribe y Golfo de México (INECC-PNUD, 2016e, 2017b) (**Figura 5.29**).

La zona más afectada es la conformada por el Mar Caribe y el Golfo de México con una pérdida acumulada de 18,859.2 ha para el escenario de 5 m, lo que representa 30.4% del total de superficie insular en la región y 3.8% de la superficie insular nacional. Con este escenario, Isla del Carmen y el Arrecife Alacranes desaparecen (**Figura 5.30**).

Las islas del Pacífico Tropical son las que presentan menor pérdida de superficie. El territorio insular en el Pacífico Norte y Golfo de California presenta un porcentaje de pérdida similar (3.5% en ambos casos).

Se calcula que la pérdida de hábitat por inundación podría llegar a afectar poblaciones de hasta 166 especies nativas y endémicas. El aumento del nivel del mar de 1 m provocaría la pérdida de 2,965.47 ha de manglar (32% del total de este ecosistema en esas islas); mientras que un nivel de 5 m ocasionaría la pérdida de 8,391.99 ha (90%) de manglar.

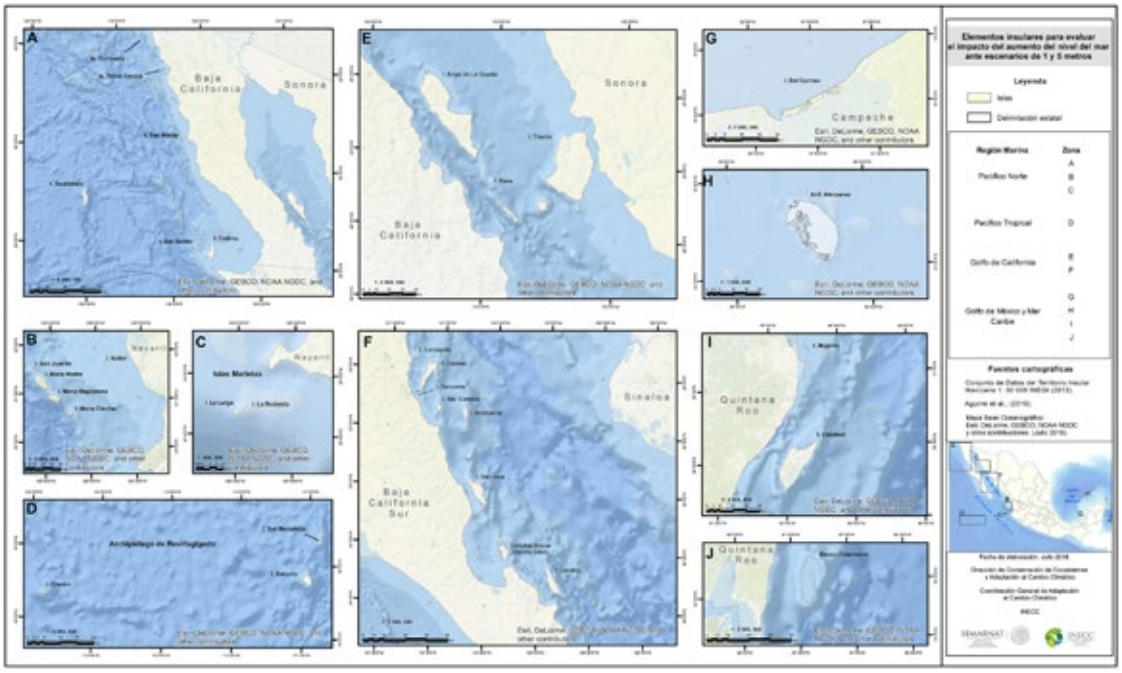
Los pinnípedos podrían ser afectados por el aumento de la temperatura superficial del mar y el aumento del nivel medio del mar en el Pacífico norte y Golfo de California.

Las aves marinas modificarían su distribución debido a cambios en la disponibilidad de peces como la anchoveta y peces de arrecife rocoso por aumento de la temperatura del mar, aumento del nivel medio del mar y disminución de la precipitación en el caso del Golfo de México.

El hábitat de las especies de importancia pesquera en el Pacífico Norte, el Golfo de California y el Pacífico Tropical presenta una susceptibilidad moderada a los efectos del cambio climático, mientras que en el Golfo de México y Mar Caribe es altamente vulnerable.

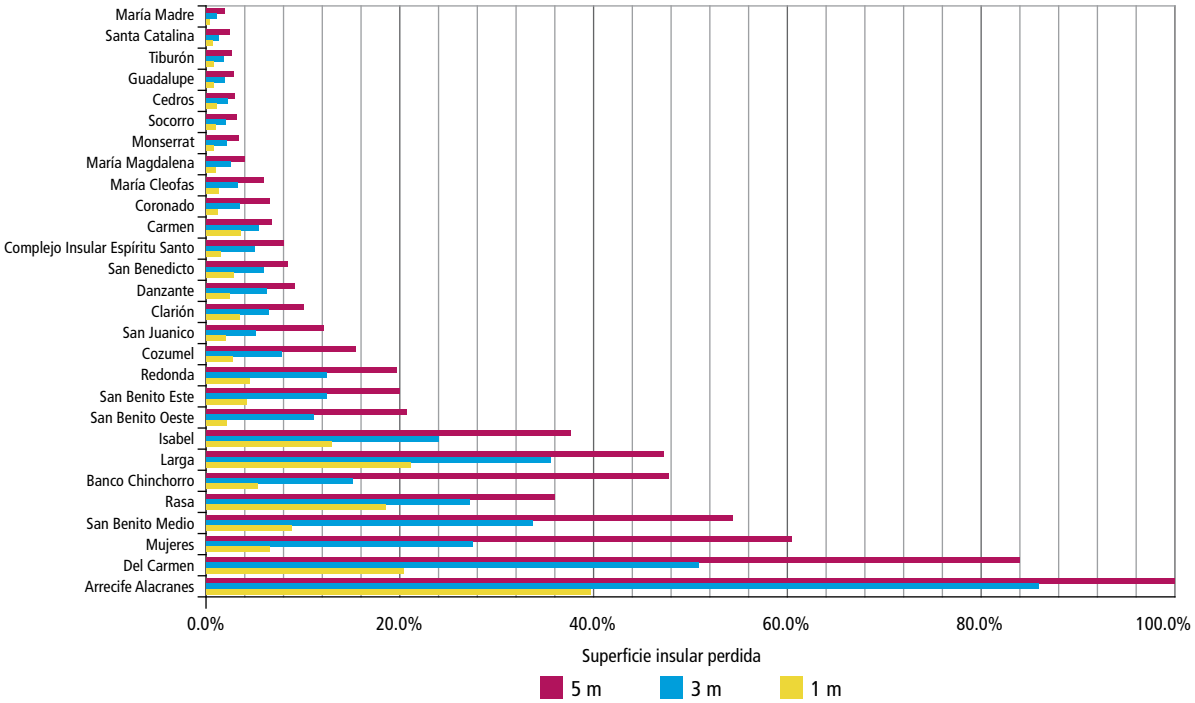
Entre 16.5 y 68.3% de la población humana que habita en territorio insular nacional se vería afectada bajo escenarios de incremento del nivel del mar de 1 a 5 metros.

Figura 5.29. Localización de las 35 islas de México seleccionadas para evaluar, en dos escenarios, el efecto del aumento del nivel del mar de 1 y 5 m



Fuente: INECC-PNUD, 2016f.

Figura 5.30. Porcentaje de superficie perdida en distintas islas de México con aumentos del nivel del mar de 1, 3 y 5 m



Fuente: elaborado con datos de INECC-PNUD, 2016f.

En la actualidad no existen instrumentos jurídicos nacionales ni internacionales para la protección de la soberanía de la Zona Económica Exclusiva en caso de pérdida de territorio.

Zonas costeras

Se realizó un estudio para caracterizar y regionalizar las zonas costeras de México en condiciones actuales y con cambio climático, considerando proyecciones de aumento del nivel del mar. Los resultados muestran los cambios en la exposición de los municipios costeros a inundaciones litorales de origen marino (**Figura 5.31**) y bajo escenarios de cambio climático (**Figura 5.32**) (INECC-PNUD, 2018a).

Efectos potenciales del cambio climático en el recurso hídrico

De acuerdo con estimaciones del balance hídrico en algunas cuencas de los estados de Tamaulipas, Sinaloa, Nayarit, Veracruz y Tabasco, los valores en el déficit de agua se incrementarán.

Se han realizado investigaciones para analizar y monitorear el balance hídrico de una cuenca, considerando escenarios de cambio climático.

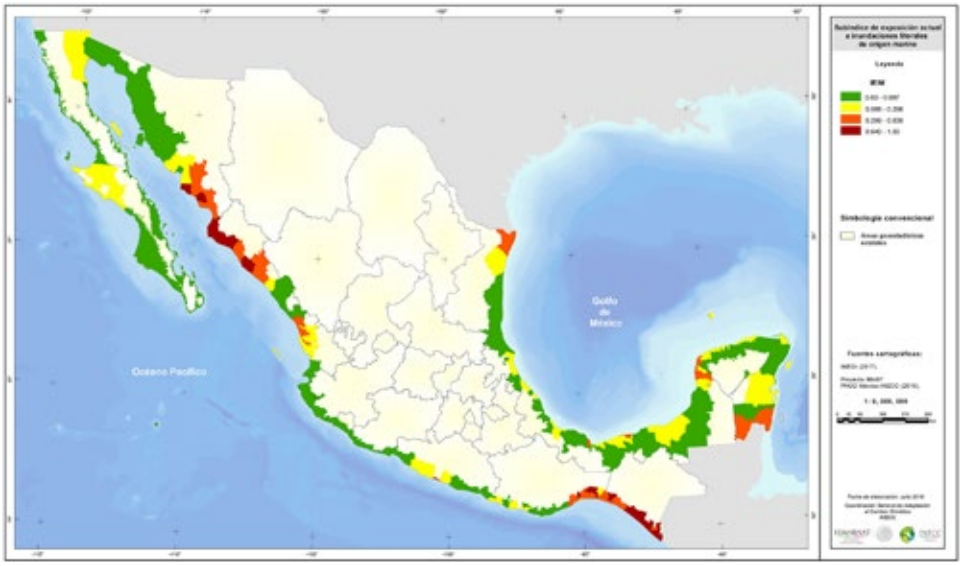
Con la finalidad de conocer la disponibilidad de agua de forma mensual, se analizaron distintas cuencas en Tamaulipas (INECC-PNUD, 2016d), Sinaloa, Veracruz y Tabasco (INECC-PNUD, 2017e), incorporando escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5), cuatro modelos de circulación general (HADGEM2, CNRM-EM5, MPI-ESM-LR Y GFDL-CM3) y tres horizontes temporales (2015-2045, 2045-2075 y 2075-2099). En la mayor parte de los casos, los valores del déficit de agua se incrementarán.

Se debe transitar hacia un modelo de gestión de cuencas sustentable, en el que se tomen en cuenta la oferta y la demanda. Este modelo debe propiciar la preservación de los ecosistemas y tratar de conseguir el equilibrio entre aprovechamientos, bienes, servicios y funciones del agua con la participación de los actores involucrados: ciudadanos, usuarios, autoridades gubernamentales, expertos, organismos operadores, entre otros (Medina, 2017).

Vulnerabilidad hídrica en el noroeste y el sureste

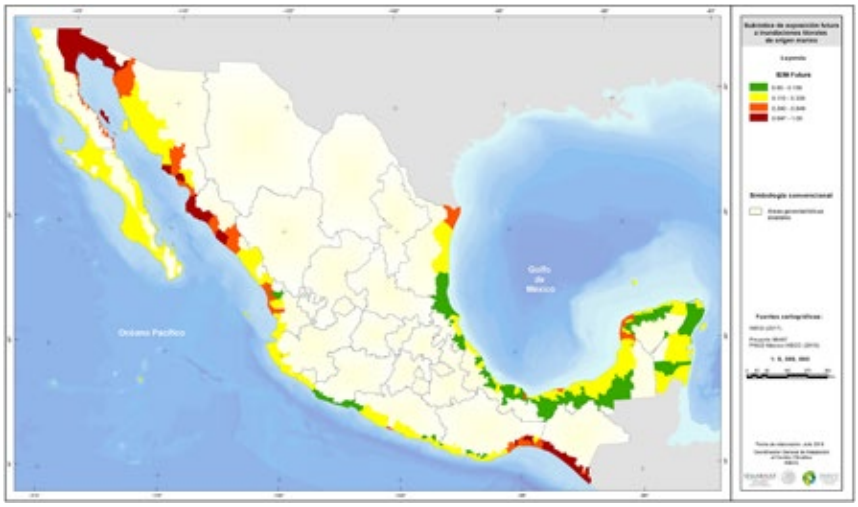
Con el objetivo de conocer la vulnerabilidad actual y futura de los recursos hídricos en dos zonas vulnerables del país, se realizaron estudios en las penínsulas de Baja California y de Yucatán.

Figura 5.31. Subíndice actual de exposición a inundaciones litorales de origen marino en los municipios costeros de México



Fuente: INECC-PNUD, 2018a.

Figura 5.32. Subíndice de exposición a inundaciones litorales de origen marino de los municipios costeros de México, proyectado en el largo plazo



Fuente: INECC-PNUD, 2018a.

Baja California

La Península de Baja California es la zona territorial que ocupa el segundo lugar con el promedio más bajo de agua renovable del país (CONAGUA, 2016), y se espera que disminuya aún más para el 2030 (SEMARNAT, 2012).

Esta región presenta elevadas temperaturas. Jáuregui *et al*. (2008) encontraron que, en Mexicali, las ondas de calor se han incrementado en las últimas décadas y se espera aumenten 2.7 veces más en el periodo 2010-2030; este incremento de la temperatura representa una mayor demanda de agua, un aspecto importante en la gestión actual y futura de ese recurso. En este contexto, los resultados indican que el déficit de agua en la Península de Baja California se incrementará debido al crecimiento de la demanda, a la deficiencia en la gestión actual del recurso, y a los cambios del clima, lo que afectará la oferta del recurso hídrico.

Es necesario establecer en el corto plazo un equilibrio en la distribución del agua entre los usuarios, incluido el uso ecológico, y las proyecciones de cambio en la disponibilidad de agua, de acuerdo con los escenarios de cambio climático disponibles, así como desarrollar un esquema operativo para la gestión integral de los recursos hídricos en el sureste de México, como un referente de criterios y procesos que puedan ser útiles y replicables para otras regiones, estados y municipios del país (INECC-PNUD, 2018b).

Sureste

Actualmente se desarrolla una propuesta de esquema operativo para la gestión integral de los recursos hídricos en cinco estados del sureste de México: Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán. Para comprender la vulnerabilidad actual y futura se plantearon las dimensiones correspondientes a región hidrológica, cuenca, estado, municipio y ciudad. Se decidió trabajar con una muestra de 10 municipios en dos regiones específicas: Comitán, Chis.; Palenque, Chis.; Tenosique, Tab.; Emiliano Zapata, Tab.; Palizada, Camp., y Carmen, Camp., pertenecientes a la cuenca del Usumacinta en la REGIÓN HIDROLÓGICA II (RH II), y en los municipios de Tizimín, Yuc.; Valladolid, Yuc.; Felipe Carrillo Puerto, Q.R., y Othón P. Blanco, Q.R., al oriente de la Península de Yucatán en la RH II (INECC-PNUD, 2018c).

Para alcanzar los objetivos se integró un marco conceptual en el que destacan tres elementos clave:

- La comprensión de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación en el marco de análisis de la

vulnerabilidad frente al cambio climático, que tiene como base el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007).

- La gestión integrada de recursos hídricos contemplada desde la Ley de Aguas Nacionales (LAN) (DOF, 1992; GWP, 2009; PNUD, 2014) y la gestión adaptativa del recurso hídrico.
- La adaptación basada en ecosistemas (Gobierno de la República, 2015; UICN, 2012) como un elemento integrador clave para una gestión que permita enfrentar los desafíos sociales, ambientales y productivos de la región desde la perspectiva de la sustentabilidad.

El primer aprendizaje derivado del análisis regional es que el análisis de las condiciones de vulnerabilidad hídrica requiere de una base de información compleja, que intercala aspectos de la gestión administrativa con el abastecimiento, el acceso y el uso del recurso hídrico por parte de diferentes usuarios. Esta información no está desagregada y en algunos casos no se encuentra disponible a todos lo niveles para los cuales se requiere (sobre todo en lo referente a usuarios de municipios, así como organismos operadores de agua).

Diseño de indicadores de sensibilidad y exposición

Se desarrolló una propuesta metodológica generadora de indicadores de sensibilidad y exposición para la evaluación de la vulnerabilidad ante la disminución de disponibilidad de agua para uso público urbano, en un contexto actual y escenarios de cambio climático, después de analizar cinco ciudades cuyo suministro de agua depende principalmente del agua superficial (INECC, 2017d).

El diseño de indicadores de sensibilidad considera el crecimiento poblacional, la capacidad instalada de almacenamiento de presas, la presión por actividades extractivas, la presión por descarga de aguas residuales y el impacto de la infraestructura hidráulica de conformidad con el costo asociado a la pérdida potencial de suelo (INECC, 2017d).

Para el componente de exposición, tras considerar proyecciones de cambio climático, se determinaron los umbrales de alteración hidrológica que responden a las condiciones bioclimáticas. Estos umbrales representan la correlación entre el estado de conservación y los patrones de precipitación-escurrimiento (INECC, 2017d).

Efectos potenciales del cambio climático en zonas urbanas

Estudios recientes han mostrado que las grandes ciudades podrían ser particularmente vulnerables al cambio climático, debido a que en ellas convergen distintos problemas ambientales cuyos efectos conjuntos podrían ser más que proporcionales (Estrada, Tol & Botzen, 2017).

Las ciudades enfrentan impactos significativos a causa de eventos meteorológicos exacerbados por la isla urbana de calor (IUC) y se proyecta que pueden acentuarse en el futuro por cambio climático, desde el incremento de eventos extremos e inundaciones hasta el aumento de las temperaturas.

Ciudades

En México, más de 80% de la población habita en zonas urbanas (WBG, 2018). Por ello existe un interés especial en el país para analizar el impacto de la urbanización en el Balance Energético Atmosférico (BEA) y su influencia en la modificación de las condiciones climáticas en diferentes usos de suelo, para lo cual se analizaron la Ciudad de México y Mexicali (INECC-PNUD, 2016h).

Algunos elementos que se consideraron para el estudio del clima en ciudades mexicanas fueron: morfología urbana, densidad de construcción, materiales urbanos, superficie de áreas verdes, uso de suelo y condiciones atmosféricas. Estos factores, particularmente el radical cambio de uso de suelo, modifican el BEA e impactan al clima urbano.

En la Ciudad de México se observa que hay mayor almacenamiento de calor en el Palacio de Minería que en los otros dos sitios de la ciudad, pues aquel se localiza en la zona centro de la ciudad y tiene gran densidad de edificios y nula vegetación. Por otro lado, en la zona con mayor presencia de vegetación se presenta un menor almacenamiento de calor; con estos resultados se observa el efecto de la isla urbana de calor y la capacidad calorífica de los diferentes materiales, que

en una ciudad modifican la distribución de la temperatura, lo cual hace patente que en el centro de la zona urbana la temperatura es mayor que en la periferia o en las zonas rurales (**Figura 5.33**).

En la Ciudad de México, la variación del porcentaje de calor almacenado en el suelo oscila entre 35% en zonas arboladas y 60% en zonas densamente urbanizadas.

Mexicali, por estar en un desierto, presenta condiciones diferentes de las de la Ciudad de México, ya que la zona rural (Villa Zapata) resultó tener el valor más alto de los tres lugares en almacenamiento de calor en el suelo, aunque se desprende rápidamente del calor ganado, de tal manera que la oscilación diaria de temperatura es muy amplia, pues suele presentar valores muy altos alrededor de mediodía y bajos en la noche. La zona urbana, por otro lado, presenta menor almacenamiento de calor, ya que cuenta con un mayor número de áreas verdes, así como con sistemas de riego (García-Cueto *et al.*, 2007) (**Figura 5.34**).

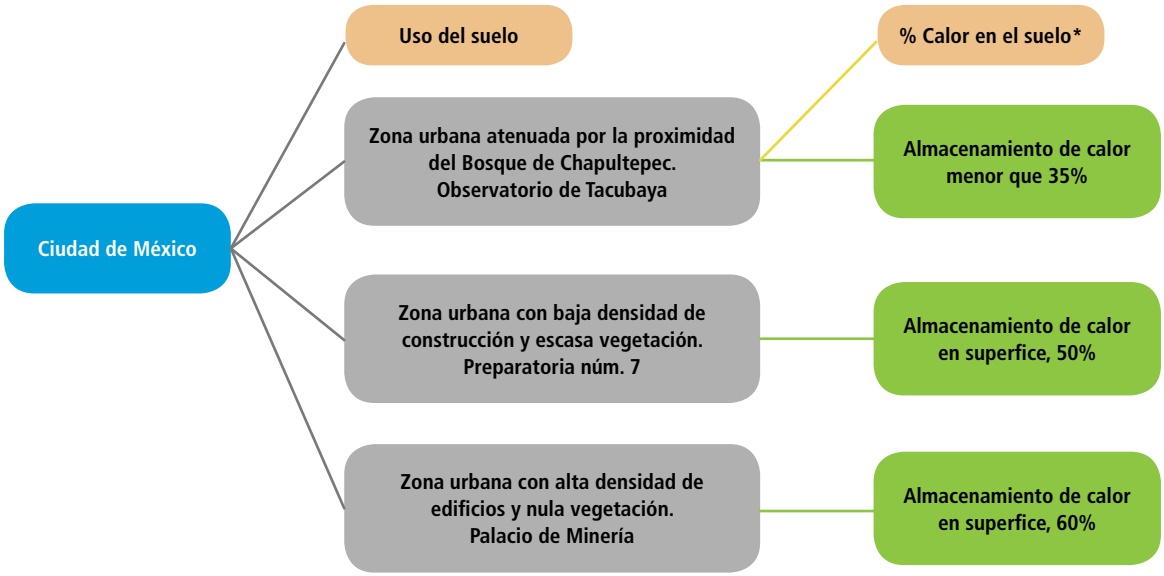
Zonas metropolitanas

Se ha encontrado que, en los últimos 15 años, Poza Rica, Celaya, Cuernavaca, Pachuca y Mexicali han presentado alta frecuencia de golpes de calor (tres o más días consecutivos en que la temperatura máxima rebase el percentil 90); y las que presentaron mayor número de eventos de golpe de frío (tres o más días consecutivos en que la temperatura mínima no alcanza el percentil 10) son Oaxaca, Guadalajara, Monterrey, Querétaro y Valle de México (**Figura 5.35**) (INECC-PNUD, 2017l).

Por ambos efectos se espera un incremento en la demanda de consumos energéticos —uso de aire acondicionado o de calefacción— que atienda las necesidades de confort.

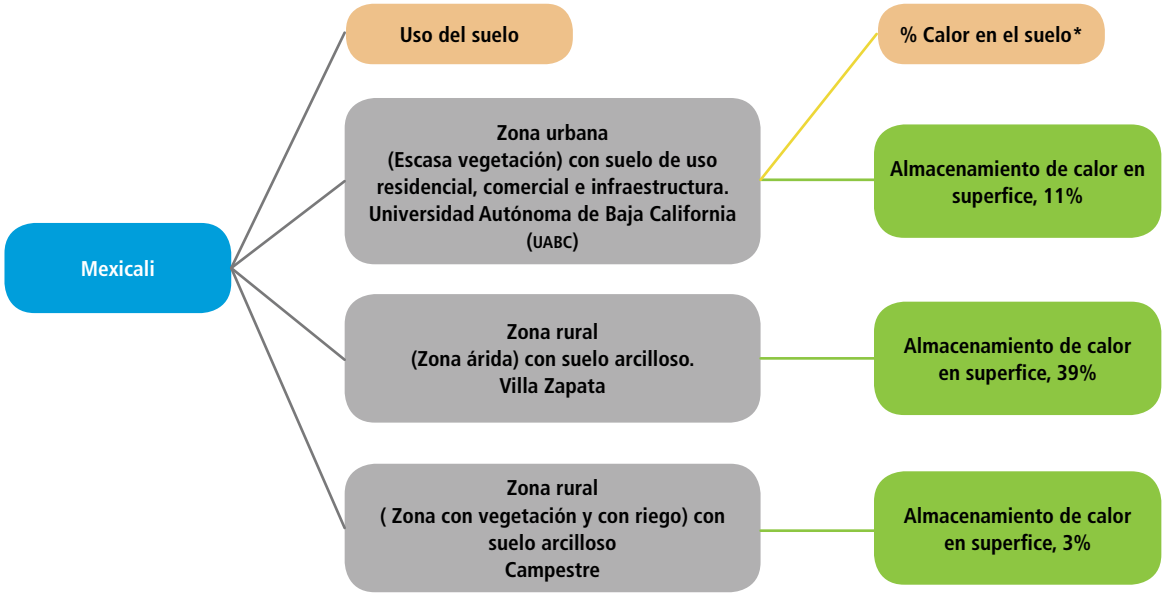
Con el fin de mostrar los efectos de la Isla Urbana de Calor (IUC) y hacer una comparación entre los valores, se presentan los casos proyectados sin isla urbana de calor y con isla de calor para un horizonte temporal en el que se alcance un incremento de 2°C sobre la temperatura media global

Figura 5.33. **Diferencia en el balance de energía atmosférico en diferentes zonas de la Ciudad de México**



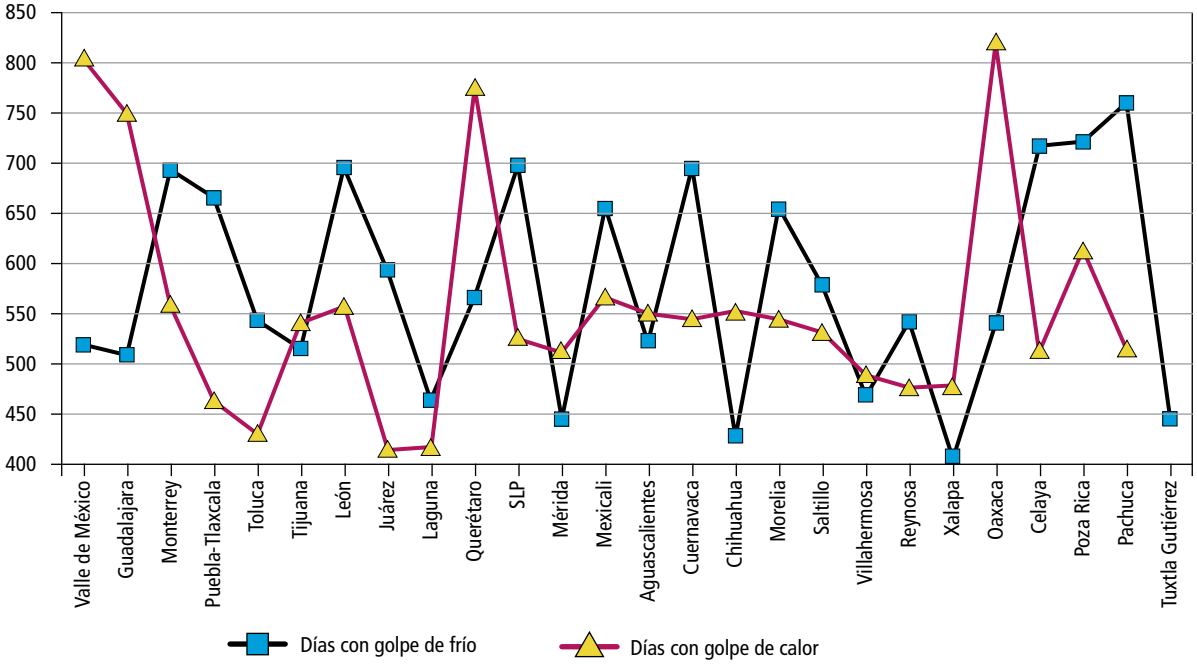
*Calor almacenado en el suelo respecto de la radiación que llega del sol.
Fuente: INECC-PNUD, 2016h.

Figura 5.34. **Esquema del balance de energía atmosférico en Mexicali, Baja California**



Fuente: INECC-PNUD, 2016h.

Figura 5.35. **Número de días con golpes de calor y golpes de frío para las 30 zonas metropolitanas con población mayor a medio millón de habitantes, periodo 1980-2009**



Fuente: INECC-PNUD, 2017l.

usando el modelo HADGEM2-ES y un forzamiento de 8.5 Wm^{-2}.

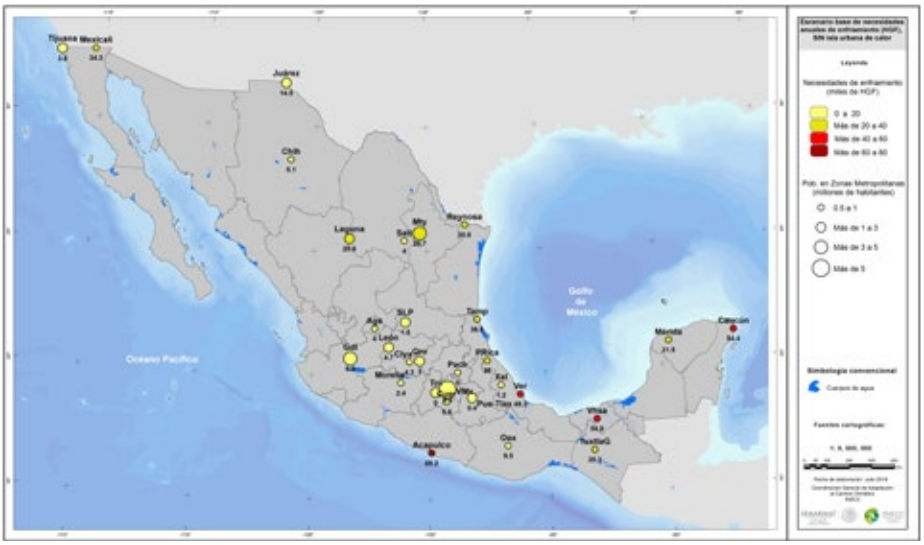
En la **Figura 5.36** se presentan las necesidades de enfriamiento y calefacción (sin Isla Urbana de Calor) observados para el periodo 1960-1990. El incremento de consumo anual estimado para enfriamiento (kWh/habitante) se muestra en la **Figura 5.37**, y el decremento de necesidades anuales de calefacción estimadas (%) se presenta en la **Figura 5.38**, en ambos casos con y sin efecto de isla de calor urbano (INECC-PNUD, 2017l).

Se estima que las zonas metropolitanas que tendrán mayor consumo de energía para enfriamiento son Mexicali, Reynosa-Río Bravo, Cancún, Villahermosa, Veracruz, Tampico, Monterrey y Mérida.

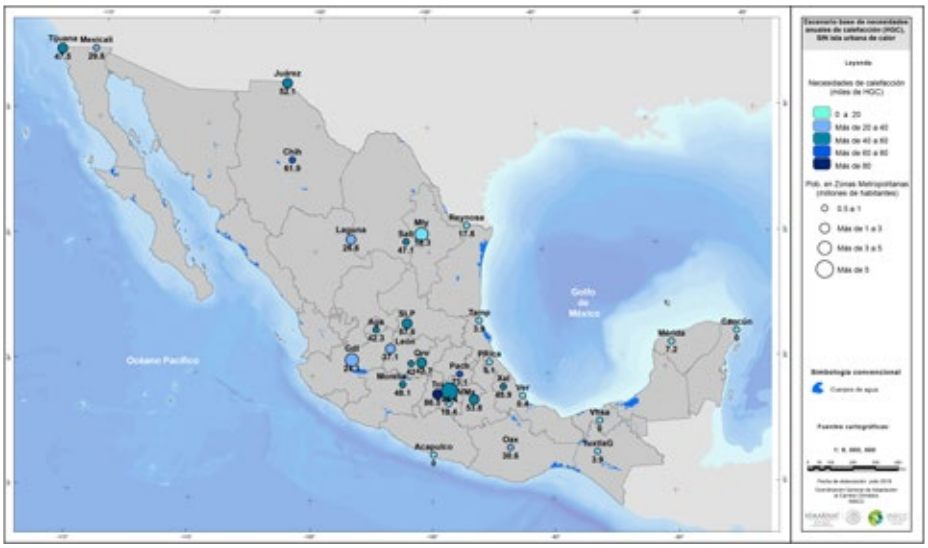
Por otra parte, el mayor decremento en necesidades de calefacción se presenta en las zonas metropolitanas de Reynosa, Monterrey, Tampico, Mérida, Veracruz, Poza Rica y Tuxtla Gutiérrez. Ello puede implicar un incremento de temperatura máxima y mínima en estas ciudades.

Figura 5.36. **Necesidades anuales de enfriamiento, periodo base 1979-2012 y población de 2010**

a) Horas grado frío



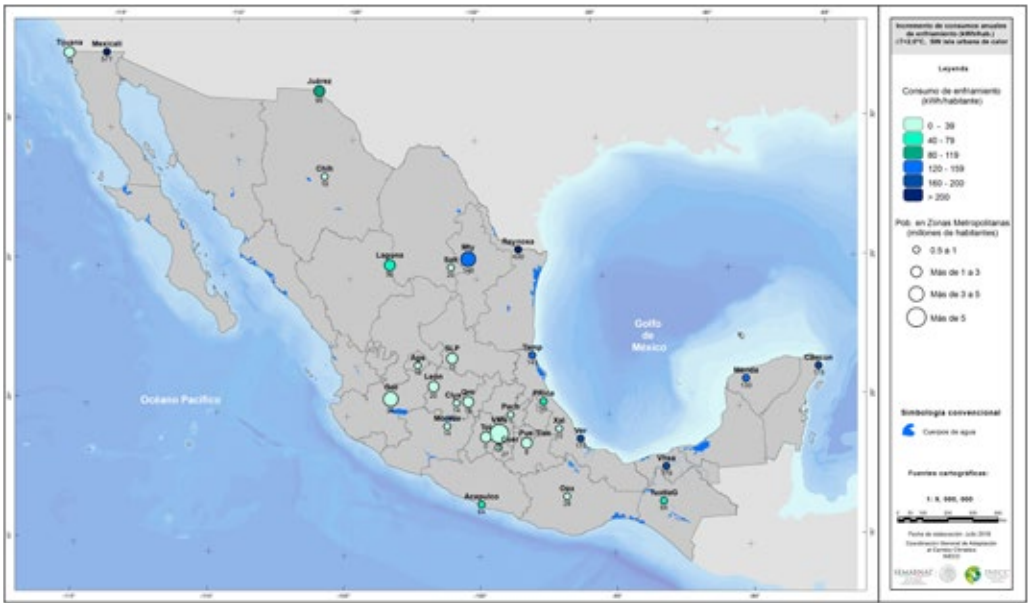
b) De calefacción en horas grado calor



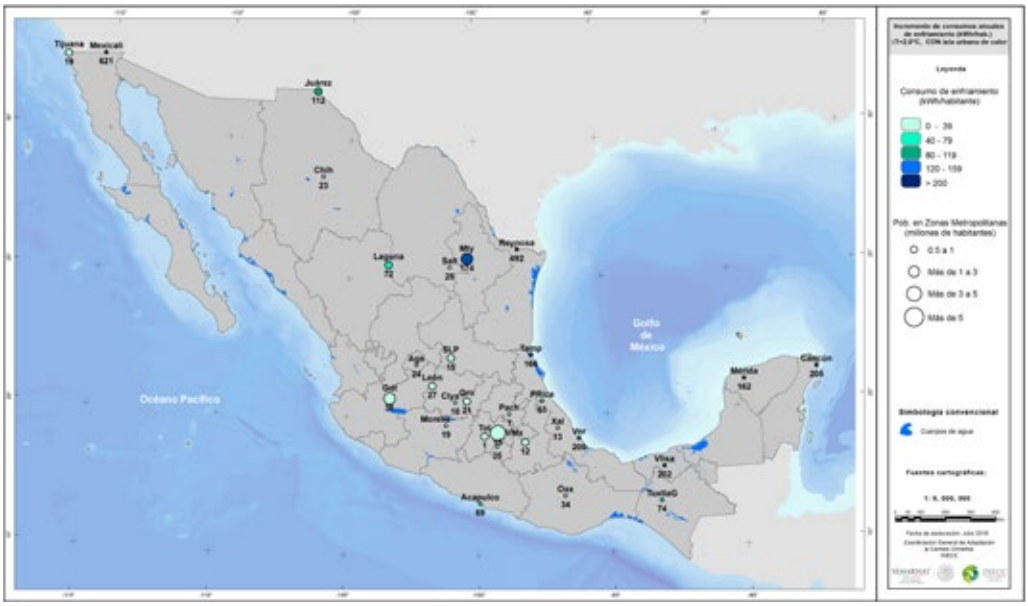
Fuente: INECC-PNUD, 2017l.

Figura 5.37. **Incremento de consumo anual para enfriamiento**

a) Sin IUC

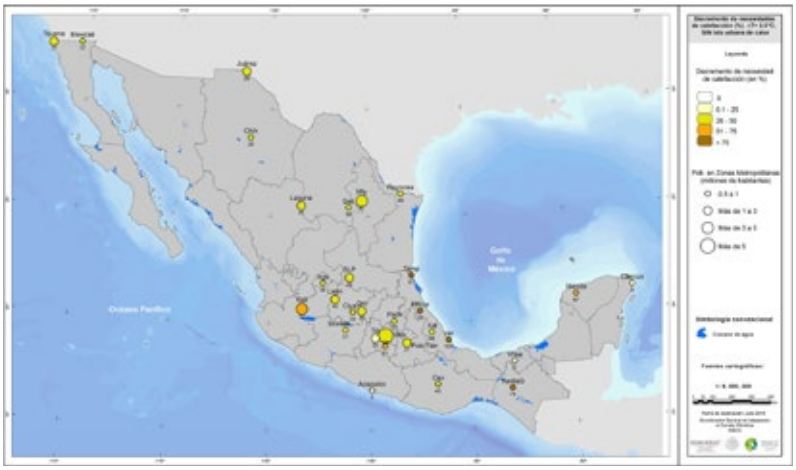


b) Con IUC

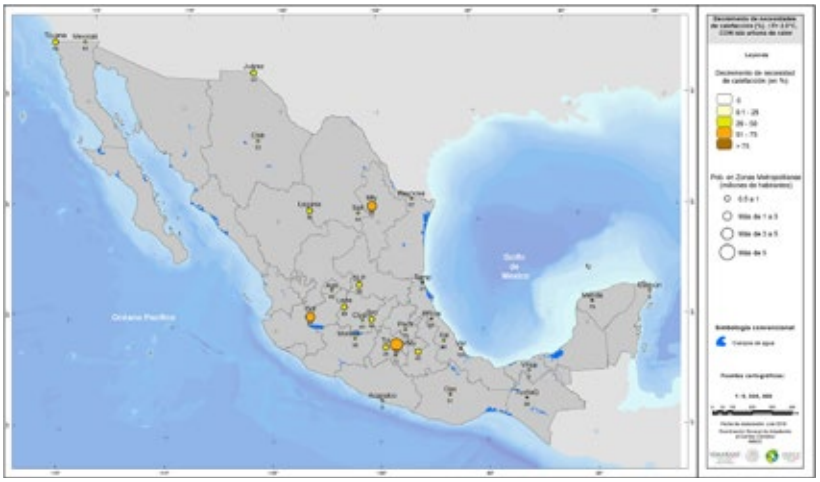


(kWh/habitante) para el horizonte en el que la Tierra alcanza un incremento de 2°C sobre su temperatura media global.
Fuente: INECC-PNUD, 2017l.

Figura 5.38. Decremento en necesidades anuales de calefacción



a) Sin IUC



b) Con IUC

(%) para el horizonte temporal en el que la Tierra alcanza un incremento de 2°C sobre su temperatura media global
Fuente: INECC-PNUD, 2017l.

Los efectos del cambio del BEA en las ciudades tienen que ver con el incremento de la temperatura del aire (génesis de la IUC) y, en consecuencia, con el mayor consumo de energía (para enfriamiento) y de agua, aumento del estrés térmico, ventilación inadecuada y contaminación del aire.

Efectos potenciales del cambio climático en suelo y agricultura

Suelos

Distintos estudios acerca de los efectos del cambio climático en el potencial productivo de los suelos indican impactos negativos en la producción agroalimentaria futura.

Los impactos en las propiedades del suelo a consecuencia del cambio climático tendrán implicaciones para la agricultura, repercusiones económicas considerables, y la disminución de la capacidad de producción de alimento, lo cual compromete la seguridad alimentaria de las generaciones futuras (Harley *et al.*, 2006).

En los años recientes se han desarrollado en el país diagnósticos de parámetros y procesos edafológicos relacionados con el potencial productivo de los

suelos, y se han estimado los impactos potenciales mediante la aplicación de proyecciones de cambio climático en el largo plazo (INECC, 2016; INECC-PNUD, 2015, 2016j). Los resultados indican lo siguiente:

- El régimen de temperatura de la superficie del suelo apto para la mayoría de los cultivos se reducirá en alrededor de 18%, de acuerdo con algunos escenarios.
- La superficie de suelo con agua disponible para las plantas se reducirá en 45% con respecto a la superficie actual, en un escenario de cambio climático de largo plazo con el modelo HADGEM y el RCP 8.5.
- La cobertura de suelos con contenido de carbono ideal (150-200 Mg ha^{-1}) actualmente ocupa 22% de la superficie agrícola nacional, en el escenario de largo plazo considerando el modelo HADGEM y RCP 4.5. La superficie nacional con este contenido de carbono se reducirá a 1.9% del total de los suelos agrícolas (la cobertura actual es de 22 por ciento).

Agricultura

El sector agrícola en México es uno de los más amenazados por el cambio climático, lo que podría impactar en la seguridad alimentaria.

Se prevé una disminución de la productividad del maíz para el decenio 2050-2059, lo que se suma al problema de pérdida en la fertilidad de suelos. Existe evidencia de que la mayoría de los cultivos resultarán menos adecuados para la producción en México hacia 2030, situación que empeorará hacia finales del presente siglo. Lo anterior, en un escenario de aumento de temperatura entre +2.5 y 4.5°C, y una disminución de la precipitación entre -5 y 10% (respecto de los promedios de temperatura y precipitación del periodo 1961-1990) (DOF, 2014).

De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 (INEGI, 2015a), en México existe una superficie agrícola de 27,496,118 hectáreas. De esa área, 79% se utiliza para agricultura de temporal, mientras que 21% se usa para agricultura de riego. La agricultura de subsistencia tiene como principal cultivo el maíz, complementado con el frijol, y solo 50% de los municipios que practican esta agricultura utilizan fertilizantes, menos de la quinta parte utiliza plaguicidas y la tecnificación es baja. Se prevé que la agricultura de subsistencia y de temporal sean las más vulnerables al cambio climático (Monterroso-Rivas *et al*., 2014).

Se estimó el cambio en el rendimiento de algunos cultivos agrícolas en México (maíz, frijol, trigo, soya, sorgo y cebada) y el impacto del cambio climático en el rendimiento de dichos cultivos (INECC-PNUD, 2017a).

Se seleccionaron 13 sitios en 11 estados del país para proyectar el rendimiento agrícola de distintos cultivos de temporal, considerando 6 modelos de circulación general, dos Rutas de Concentración Representativa (RCP 4.5 y 8.5 Wm^{-2}) y tres horizontes de tiempo (2015-2039, 2045-2069 y 2075-2099), lo que arrojó un total de 28 escenarios (INECC-PNUD, 2017a).

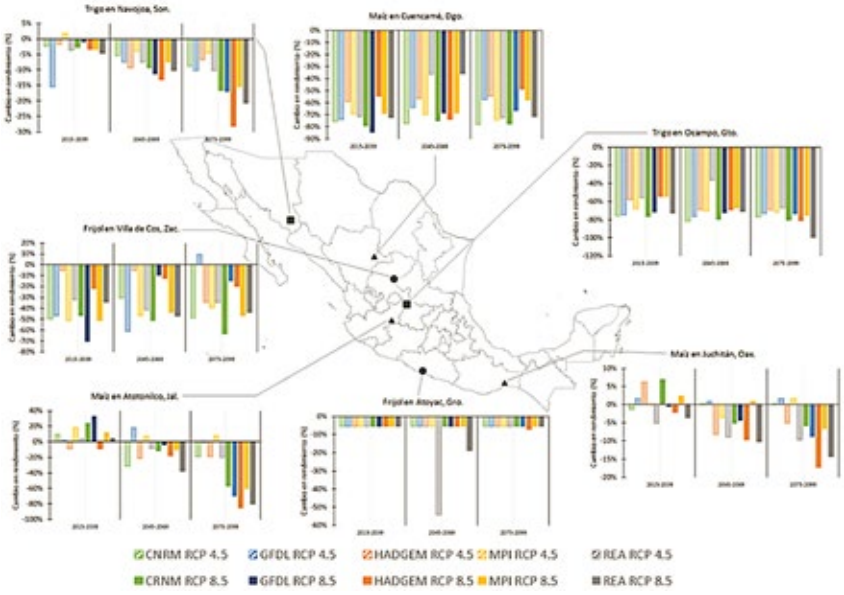
En general se proyecta una pérdida de rendimiento de los cultivos de maíz, frijol y trigo. En particular, el sorgo y la cebada presentan tendencia negativa en los horizontes lejanos. La soya solo proyecta tendencias positivas en zonas de alta precipitación. Los requerimientos hídricos de la mayoría de los cultivos analizados desde un horizonte de tiempo cercano.

En las siguientes figuras se muestran las gráficas comparativas porcentuales entre el rendimiento base y las estimaciones con cambio climático para cultivos básicos (maíz, trigo y frijol) (**Figura 5.39**) y otros cultivos (sorgo, cebada y soya) (**Figura 5.40**).

Muchos de los principales retos actuales —tales como reducción de la pobreza rural, mitigación del cambio climático, conservación de la agrobiodiversidad y lucha contra la desertificación— están estrechamente relacionados con la alimentación y la actividad agrícola. Se requieren estudios integrales que atiendan estos desafíos de manera multicausal y multidimensional, además de estudios específicos sobre plagas y enfermedades agrícolas, para diseñar medidas de adaptación diferenciadas entre cultivos.

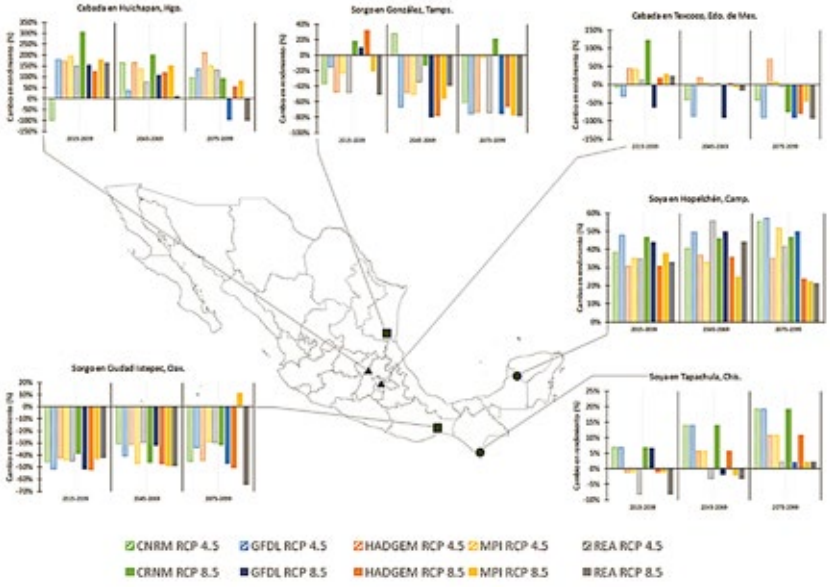
Las tendencias de los efectos del cambio climático muestran que uno de los retos de la adaptación para el sector agroalimentario es realizar acciones para la gestión adaptativa y del riesgo, promover el desarrollo de capacidades, así como

Figura 5.39. Cambio del rendimiento con escenarios de cambio climático para cultivos básicos



Fuente: INECC-PNUD, 2017a.

Figura 5.40. Cambio del rendimiento con escenarios de cambio climático para otros cultivos



Fuente: INECC-PNUD, 2017a.

esquemas de financiamiento y transferencia de riesgos en los sistemas productivos que permitan fortalecer la resiliencia del sector y que, a su vez, permitan a este mantener su capacidad productiva de manera sostenible.

Estudios sobre capacidad adaptativa

Se caracterizaron las capacidades institucionales de los gobiernos municipales, y se realizó un análisis de la capacidad de respuesta en el corto plazo conforme a la metodología de enfoque de riesgo de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastre (UNISDR, por sus siglas en inglés) y de la capacidad de adaptación de acuerdo a la CMNUCC, identificando mecanismos que promuevan respuestas en el corto, mediano y largo plazos (INECC-PNUD, 2017d). El análisis de capacidades institucionales brinda elementos para identificar barreras y oportunidades que faciliten promover estrategias de adaptación planificadas en el ámbito local.

Se generaron 28 indicadores de capacidades institucionales a partir de estadísticas públicas, de los cuales doce son para la capacidad de respuesta y 16 para la capacidad de adaptación.

De los indicadores relacionados con capacidad de respuesta (CR), destacan: programas de protección civil, personal capacitado y de recursos materiales e informáticos, coordinación interinstitucional en la atención de fenómenos hidrometeorológicos.

Por su parte, de los indicadores de capacidad de adaptación (CA) destacan: instrumentos de planeación municipal, una cultura de la autoprotección, áreas de atención a temas medioambientales, mecanismos de transparencia y rendición de cuentas.

Se observa que un amplio conjunto de municipios en México se concentra en las categorías de baja y moderada capacidad institucional de respuesta y adaptación (más de 80 por ciento).

En 344 municipios (14%), la capacidad institucional es moderada en ambos índices, mientras que 23 municipios (0.9%) están simultáneamente en la categoría alta. La distribución geográfica de estos municipios se presenta en las **Figuras 5.41 y 5.42**.

Figura 5.41. **Distribución territorial del índice de capacidad institucional en términos de capacidad de respuesta para los municipios de México**

Fuente: INECC-PNUD, 2017d.

Figura 5.42. Distribución territorial del índice de capacidad institucional en términos de capacidad adaptativa para los municipios de México

Fuente: INECC-PNUD, 2017d.

Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático

México elabora su Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático *como herramienta para la toma de decisiones e incidencia en política pública.*

El *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* (ANVCC) tiene como objetivo dar a conocer la vulnerabilidad territorial relacionada con el clima para contribuir en la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático en el contexto de la planeación del desarrollo. Consiste en una serie de mapas con información relevante que muestra la vulnerabilidad territorial actual y potencial de la República Mexicana ante los impactos del cambio climático, con base en datos históricos y escenarios futuros.

De acuerdo con el PECC 2014-2018, el INECC es la dependencia encargada del diseño, desarrollo y consolidación del ANVCC.

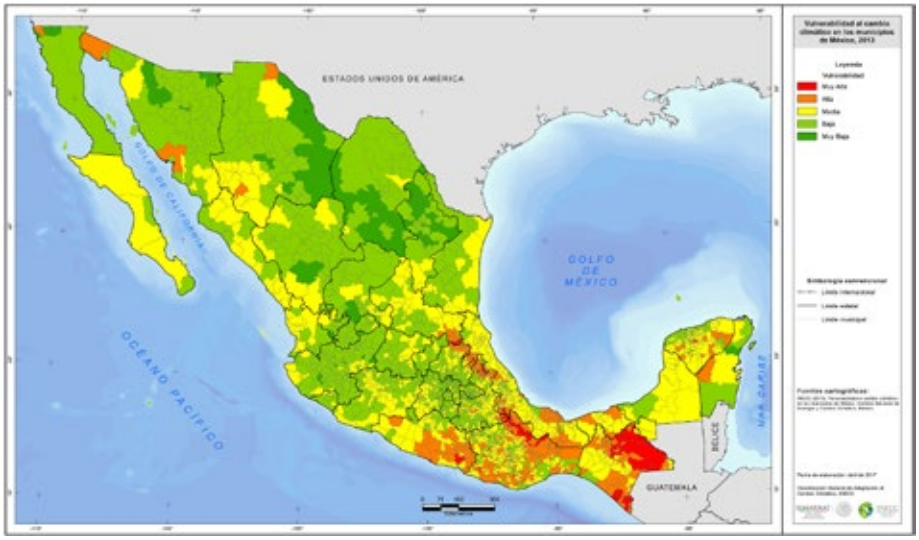
Como antecedente de este instrumento, en 2014 el INECC dirigió estudios relacionados con la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en México, entre los que destacan: el reporte "Gestión de riesgos ante el cambio climático y diagnóstico de vulnerabilidad" (INECC, 2013); el estudio "Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México" (Gay García y Conde Álvarez, 2013), y el estudio "Dos métodos para evaluar la vulnerabilidad del sector agrícola en México" (Monterroso-Rivas *et al.*, 2014).

Además, se consideró el *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático* (Martínez y Patiño, 2010); los "Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos" (CENAPRED, 2013a) y el "Reporte sobre vulnerabilidad municipal al cambio climático y eventos relacionados con el clima en México" (Borja y De la Fuente, 2013).

De los estudios antes mencionados, los tres primeros (Gay García y Conde Álvarez, 2013; INECC, 2013; Monterroso-Rivas *et al.*, 2014) se integraron para construir una propuesta de clasificación de los municipios de acuerdo con su vulnerabilidad al cambio climático. A partir de esta integración,

resultó que la mayor vulnerabilidad se localizó en 480 municipios de 13 entidades de la República Mexicana, lo que representa 20% de los municipios del país. El resultado mostró que estos se concentraron en los estados del sur y el sureste, aunque también algunos se encontraron en el centro y norte del país (**Figura 5.43**). Partiendo de estos 480 municipios, se seleccionaron los municipios más vulnerables por entidad federativa, lo que resultó en 319 municipios (**Figura 5.44**). Disminuir la vulnerabilidad de estos 319 municipios es uno de los compromisos de la CND de México.

Figura 5.43. **Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México**



Fuente: DOF, 2014.

Figura 5.44. **Municipios más vulnerables al cambio climático por entidad federativa**

Fuente: DOF, 2014.

Evaluación de la vulnerabilidad mediante el ANVCC

Se desarrolló y consolidó una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

El ANVCC da recomendaciones para orientar las acciones de adaptación y disminuir la vulnerabilidad ante amenazas climáticas actuales y futuras.

Para el *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* se adoptan las definiciones de los componentes de la vulnerabilidad que se muestran en la **Figura 5.45**.

La *exposición* se define únicamente por variables climáticas, la *sensibilidad* toma en cuenta las características que definen el sistema y la forma en que este puede resultar afectado por las variables climáticas, y la *capacidad adaptativa* se concentra en describir las capacidades institucionales con que se cuenta para disminuir los potenciales impactos de las amenazas relacionadas con el clima.

Es importante destacar que la capacidad adaptativa está en función de los recursos humanos, institucionales y de infraestructura que permiten enfrentar de mejor manera las amenazas relacionadas con el clima, en donde la gobernanza local, por medio de la participación social, es un componente fundamental para la evaluación de vulnerabilidad a escalas detalladas. En la evaluación de la vulnerabilidad, en esta primera etapa del ANVCC, debido a su alcance nacional y a la agregación de variables en el

Figura 5.45. **Componentes de la vulnerabilidad actual y futura al cambio climático**

Fuente: INECC-CGACC, 2018.

ámbito municipal para la mayoría de las vulnerabilidades que contiene, la capacidad adaptativa se circunscribe a la evaluación de las capacidades institucionales para enfrentar amenazas relacionadas con el clima, y así lograr el objetivo de dar recomendaciones explícitas de política pública y toma de decisiones para la planeación territorial en un contexto de cambio climático.

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en el contexto del ANVCC tiene como punto de partida la identificación de las problemáticas asociadas al clima que impactan o pudiesen impactar en los sistemas sociales, productivos, económicos y naturales. El paso consecutivo es la definición de la unidad territorial para el desarrollo de la evaluación, tomando en cuenta las características del territorio que podrían jugar un papel en el desarrollo de la problemática asociada al clima. En la mayoría de las problemáticas climáticas, el municipio es la unidad de agregación de los tres componentes que definen la vulnerabilidad.

La **Figura 5.46** muestra los pasos que conviene seguir para identificar la problemática a partir de tres preguntas rectoras: *1)* ¿qué origina la problemática?; *2)* ¿qué o a quién impacta la problemática?, y *3)* ¿dónde sucede la problemática?

La identificación de problemáticas asociadas al clima que se analizan en el ANVCC se realizó en coordinación —y con un enfoque participativo— con dependencias del gobierno federal que llevan a

Figura 5.46. **Elementos a considerar para la identificación de la problemática**

Fuente: INECC-CGACC, 2018.

cabo distintas actividades relacionadas con el territorio y de sus propias capacidades institucionales (capacidad adaptativa) para atenderlas.

De acuerdo con las problemáticas identificadas, estas se clasificaron en cuatro grandes temas para la evaluación de la vulnerabilidad actual y en un contexto de cambio climático: población, infraestructura, actividades productivas y capital natural.

En la **Figura 5.47** se muestran las amenazas del cambio climático identificadas en los ejercicios participativos realizados con las 36 dependencias del gobierno federal: incremento de la temperatura, incremento de la precipitación, disminución de la precipitación e incremento del nivel del mar, así como también la relación con las problemáticas asociadas y los sectores que potencialmente afectan.

Una vez identificadas las problemáticas, se definió su orden de prioridad y a partir de ello se definieron ocho temas referentes a la vulnerabilidad de:

- asentamientos humanos a inundaciones;
- asentamientos humanos a deslaves;
- la población al incremento en distribución del dengue;
- la producción ganadera extensiva a inundaciones;
- la producción ganadera extensiva al estrés hídrico;
- la producción forrajera a inundaciones;
- la infraestructura carretera a deslaves;
- la distribución del bosque mesófilo.

Posteriormente, el INECC, junto con otros actores clave, definió en cada tema las variables y la unidad de agregación territorial para la evaluación de los componentes de la vulnerabilidad. Algo novedoso del ANVCC es que en su elaboración se tomó en cuenta la dinámica territorial por medio de criterios funcionales. La evaluación se hizo de acuerdo con los principios del análisis multicriterio, y las representaciones de los resultados permiten la comparación en los ámbitos nacional, regional y estatal.

Figura 5.47. **Amenazas del cambio climático identificadas: incremento de la temperatura, incremento de la precipitación, disminución de la precipitación e incremento del nivel del mar**

Fuente: figuras elaboradas por INECC-CGACC, 2018.

Los escenarios de cambio climático se incorporan en el componente de exposición para realizar una evaluación de las condiciones futuras proyectadas por cuatro modelos de circulación general. Se utilizó el horizonte temporal cercano (2015-2039) y el RCP 8.5 de cuatro modelos propuestos por el INECC.[14] En la siguiente figura se muestra el ejemplo de la vulnerabilidad (actual y proyectada por los cuatro modelos) de la población ante inundaciones (**Figura 5.48**).

En cumplimiento de la CND, el ANVCC aporta información para focalizar acciones de adaptación en los municipios más vulnerables al cambio climático.

Los resultados del ANVCC (disponibles en: http://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx) servirán de insumo para las acciones que están realizando los diferentes sectores de la administración pública federal en su ámbito de competencia, con el compromiso de disminuir la vulnerabilidad de la población, de la infraestructura, de las actividades productivas y del capital natural en un contexto de cambio climático.

El ANVCC, a diferencia del *Atlas nacional de riesgos,* identifica la vulnerabilidad municipal ante eventos relacionados con el clima para contribuir a identificar acciones de adaptación dirigidas a la prevención, planificación y fortalecimiento de capacidades. La información derivada de este instrumento complementa los productos incluidos en el *Atlas nacional de riesgos* porque identifica, con base en las proyecciones de cambio climático, el posible incremento de impacto en las amenazas climáticas propias de cada región.

Próximamente, el INECC incorporará nuevos temas en el ANVCC y se actualizará constantemente, conforme se cuente con nueva información.

[14] https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/deltas-de-cambio-anomalias-de-4-modelos-de-circulacion-global

Figura 5.48. Mapas de exposición de asentamientos humanos a inundaciones, según escenarios actual y futuros de cambio climático

Fuente: elaborado por INECC-CGACC, 2018.

Diseño e implementación de acciones de adaptación

México ha llevado a cabo proyectos exitosos de implementación de acciones de adaptación que han incluido la participación comunitaria y el enfoque de género, de los cuales se han obtenido lecciones aprendidas y se han identificado buenas prácticas.

A partir de 1997, año en que fue publicada la *Primera Comunicación Nacional*, hasta el día de hoy que se publica la *Sexta Comunicación Nacional,* el tema de adaptación al cambio climático ha mostrado una evolución constante que permite vislumbrar su comprensión, pero, sobre todo, los compromisos adquiridos y la forma en que se establecen los mecanismos de actuación por parte del gobierno mexicano, mismos que ya no solo se limitan a centrar la atención en la agenda de mitigación, sino que hacen visible la imperiosa necesidad de hacer frente a los efectos del cambio climático mediante iniciativas y acciones impulsadas con la finalidad de facilitar procesos de adaptación al cambio climático.

Las tres primeras comunicaciones nacionales (1997, 2001, 2006) evidenciaron la necesidad de avanzar en la generación de estudios relacionados con escenarios de cambio climático, impactos y vulnerabilidad.

A partir de la *Cuarta Comunicación Nacional* (2009) se manifestó el reto de generar arreglos institucionales que posibilitaran la atención del tema de cambio climático, con la participación corresponsable de diferentes dependencias de la administración pública federal.

En 2012, la *Quinta Comunicación Nacional* incluyó un capítulo con los programas, iniciativas y proyectos encaminados a facilitar procesos de adaptación planificada, y reportó algunos proyectos piloto que instrumentaban medidas de adaptación con el fin de fortalecer el conocimiento a partir de la práctica.

Algunos de esos proyectos piloto reportados desde la *Quinta Comunicación Nacional* son el proyecto de "Adaptación en humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático" y el "Proyecto piloto de cosecha de agua de lluvia como medida de adaptación al cambio climático en la comunidad de El Gato en el municipio Doctor Mora", mismos que se reportan en esta comunicación para mostrar las lecciones aprendidas durante su ejecución; en particular, conviene destacar los mecanismos de participación y de acción corresponsable que se promovieron para involucrar a la población local y actores clave: los representantes de las organizaciones de la sociedad civil, de la academia y de los tres órdenes de gobierno. También se presentan en esta ocasión otros proyectos como el de "Conservación de Cuencas Costeras en el Contexto de Cambio Climático (C6)", en el que se consideraron, de manera innovadora en el país, las cuencas hidrográficas como unidades de manejo y gestión, y en el que se desarrollaron metodologías y estrategias de participación social con enfoque de género y con materiales traducidos en las lenguas indígenas de las regiones. (INECC-PNUD 2018e)

Asimismo, en este apartado se incluyen avances de las 14 secretarías que integran la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, además de presentar algunos ejemplos de las iniciativas que se promueven en las entidades federativas, las cuales están instrumentando acciones y medidas de adaptación al cambio climático a partir del diseño de estrategias, planes y acciones sectoriales que contribuyen a dar cumplimiento a los compromisos nacionales e internacionales, como la Contribución Nacionalmente Determinada (CND) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Iniciativas institucionales de adaptación del gobierno federal

Las acciones de adaptación deben considerar esquemas de monitoreo y evaluación que faciliten el aprendizaje y la retroalimentación de las decisiones planteadas para efectuar los ajustes pertinentes en el tiempo.

Dado que las iniciativas y acciones de adaptación que las instituciones fomentan son diversas, fundamentalmente por sus competencias y por las estrategias que promueven, tener solo un listado de estas no proporciona información suficiente para conocer la ruta de adaptación del gobierno mexicano. Es por ello que resulta necesario elaborar una tipología que permita su categorización.

Las iniciativas institucionales de adaptación se clasificaron a partir de las tipologías establecidas en dos estudios: INECC-PNUD, 2016k y Biagini *et al.*, 2014. En las tablas 5, 6 y 7 se presenta su vinculación con los objetivos y contenidos de la CND y los ODS (**Figura 5.49**).

A partir de 2012, las dependencias de la administración pública federal han realizado diferentes iniciativas relacionadas con adaptación al cambio climático. Para el seguimiento de dicha información y su presentación como parte de la *Sexta Comunicación Nacional,* se solicitó a las dependencias indicar las acciones que han desempeñado en materia de adaptación al cambio climático, además de realizarse una revisión documental a partir de sus informes de labores, logros y avances.

Con base en esta información, se identificaron iniciativas institucionales en materia de adaptación. De estas, casi la mitad son impulsadas por el sector ambiental; es decir, por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y sus órganos desconcentrados y descentralizados, mientras que las restantes son promovidas por las 13 secretarías y sus órganos sectorizados que, junto con la SEMARNAT, integran la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).[15]

En el **Figura 5.50** se muestran las iniciativas ordenadas, de acuerdo con la tipología que se mencionó anteriormente, durante el periodo 2012-2018.

De esta manera, se representan gráficamente los elementos a los que cada Secretaría de Estado da mayor énfasis en la formulación de políticas públicas de cambio climático, y que pueden estar relacionados con los impactos de cambio climático identificados y con la respuesta que cada sector establece para su atención.

Por otro lado, hay secretarías que están en la fase de planificación y generación de estudios y diagnósticos como parte de sus aportaciones en el tema de adaptación, como SECTUR y SCT, con la finalidad de aportar conocimiento acerca de impactos y vulnerabilidades asociadas al cambio climático a partir de un análisis por sector, lo que permite dar el paso previo a una toma de decisiones informada.

Por su parte, el sector ambiental, por conducto de las instituciones que lo integran, ha fortalecido diferentes iniciativas de adaptación, tales como planificación, generación de estudios y diagnóstico, acciones implementadas en el territorio y/o en apoyo a la población (**Figura 5.51**), además de que destacan los sistemas de información, observación y monitoreo, así como de alerta o advertencia.

A continuación, se presentarán detalladamente las iniciativas institucionales, su clasificación y su vinculación con el logro de los compromisos de las CND y con el cumplimiento de los ODS (**Tabla 5.5**).

[15] La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) está integrada por los titulares de 14 secretarías de Estado: SEMARNAT, SAGARPA, SALUD, SCT, SE, SECTUR, SEDESOL, SEGOB, SEMAR, SENER, SEP, SHCP, SRE y SEDATU.

Figura 5.49. **Tipología de las iniciativas de adaptación al cambio climático**

Figura 5.50. Tipo de iniciativas que las instituciones del gobierno federal promueven en materia de adaptación al cambio climático en México, periodo 2012-2018

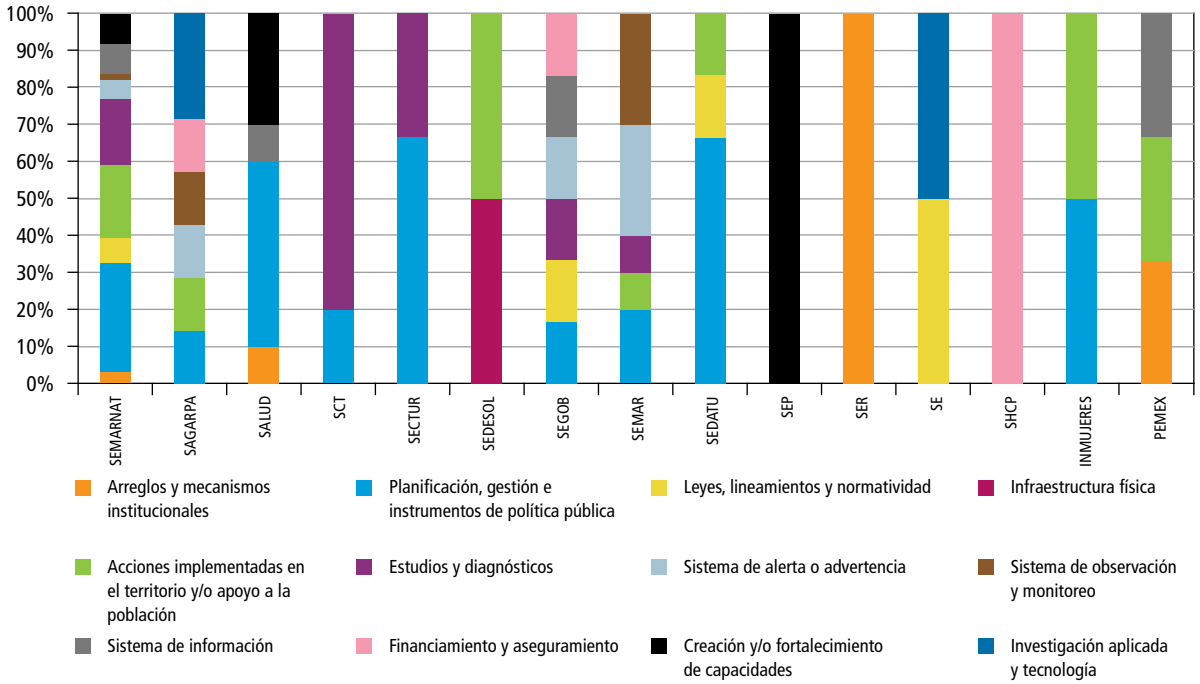


Figura 5.51. Tipo de iniciativas de adaptación al cambio climático que promueven las instituciones que forman parte del sector ambiental, periodo 2012-2018

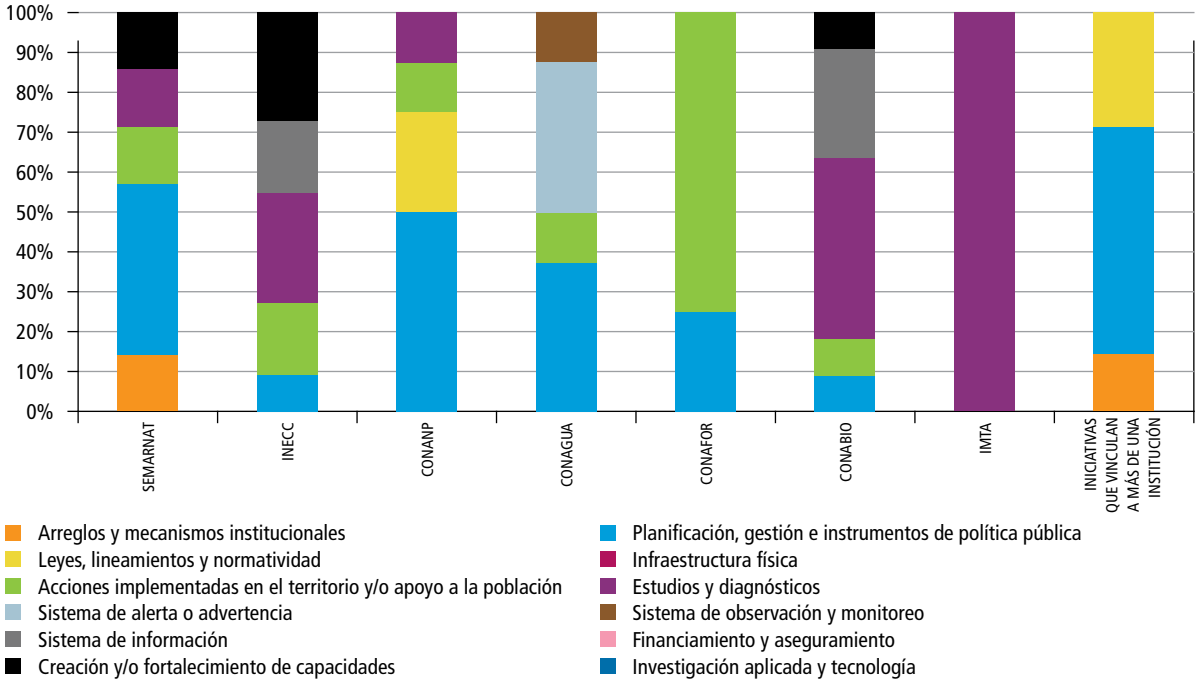


Tabla 5.5. **Iniciativas de adaptación del sector ambiental (SEMARNAT: oficinas centrales, organismos desconcentrados y descentralizados)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	*Estrategia nacional de cambio climático* Visión 10-20-40	La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con la participación y aprobación de las 13 secretarías que conforman la CICC y el INECC, elaboró la *Estrategia nacional de cambio climático* (ENCC), documento que establece la orientación de la política de cambio climático en el mediano y largo plazos (SEMARNAT, 2013).		Su publicación antecede la presentación de la CND ante la CMNUCC, que retoman los ejes estratégicos A1, A2, A3 de la ENCC.	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	*Programa Especial de Cambio Climático* 2014-2018	La SEMARNAT, con la participación y aprobación de las 13 secretarías que conforman la CICC y el INECC, elaboró el PECC 2014-2018, que es el documento rector que guiará la política de cambio climático en el corto plazo, estableciendo objetivos y compromisos específicos (DOF, 2014).		Su publicación antecede la presentación de la CND ante la CMNUCC que retoman en elementos de los objetivos 1 y 2 del PECC 2014-2018.	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	Elementos mínimos para la elaboración de los programas de cambio climático de las entidades federativas	Documento guía que establece un marco de referencia conceptual y criterios metodológicos con los que deberán elaborarse los programas de cambio climático de las entidades federativas con la finalidad de estandarizar su formulación (SEMARNAT-INECC, 2015)		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Convenios con entidades federativas	Para la implementación de la política de cambio climático en los diferentes órdenes de gobierno, la SEMARNAT suscribió los convenios correspondientes con las entidades federativas, a fin de dar cumplimiento a los compromisos nacionales e internacionales en dicha materia (SEMARNAT, s.f.).		Sin especificación en la CND.	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Contribución nacionalmente determinada 2020-2030	La SEMARNAT coordinó la elaboración de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional 2020-2030 (INDC, por sus siglas en inglés), mismas que, con la ratificación del Acuerdo de París, cambian de denominación a Contribución Determinada a nivel Nacional 2020-2030 (CND). Dicho documento se presentó ante la CMNUCC el 27 de marzo de 2015. En la CND se incluye un componente para mitigación y otro para adaptación (Gobierno de la República, 2015).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Diagnóstico de las políticas estatales de cambio climático	Se elaboraron fichas técnicas de cada entidad con la información básica relacionada con leyes e instrumentos de política de cambio climático en el ámbito estatal, derivada del estudio denominado Estatus de las políticas estatales en materia de cambio climático (SEMARNAT, s.f.).		Sin especificación en la CND.	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Programa de subsidios para la igualdad y sustentabilidad ambiental	El Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) apoyó el desarrollo de proyectos de educación ambiental, con énfasis en el fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático. Se otorgaron subsidios a Organizaciones de la Sociedad Civil y a instituciones de educación superior que realizan funciones de mediación de la sustentabilidad local, para favorecer el desarrollo de capacidades y la promoción de procesos de adaptación en comunidades cuyos modos de vida pueden verse afectados por las condiciones que guarda la biodiversidad local, la disponibilidad del recurso hídrico, el potencial del territorio para producir alimentos y la situación de riesgo generada por las estrategias de ocupación del espacio natural. Se apoyaron 36 proyectos en 16 entidades federativas (SEMARNAT-CECADESU, 2016).		Adaptación basada en el sector social.	
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	*Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* (ANVCC)	El ANVCC es una herramienta para conocer la vulnerabilidad territorial, actual y futura, relacionada con el clima actual y el proyectado por los escenarios de cambio climático que aportan elementos para la toma de decisiones. Es uno de los compromisos del PECC 2014-2018 y de las CND. En su elaboración y consolidación participaron 36 instituciones del gobierno federal (véase el apartado "*Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático*").		Adaptación basada en el sector social.	
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Conservación de cuencas costeras en el contexto de cambio climático (C6)	Proyecto con recursos de donación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), gestionados por el Banco Mundial. En él colaboraron tres instituciones públicas (INECC, CONANP y CONAFOR) y una privada (FMCN) para la implementación de acciones. Tiene como objetivo promover el manejo integral de las cuencas costeras para conservar su biodiversidad, contribuir a la mitigación del cambio climático y fortalecer el uso sustentable de sus recursos naturales. También contribuye a la recuperación de la funcionalidad de las cuencas y el mantenimiento de servicios ecosistémicos de regulación y provisión (INECC, 2017a; véase el subapartado "Aprendizajes en la implementación de las medidas de adaptación").		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Adaptación de humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático	Proyecto con recursos de donación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), gestionados por el Banco Mundial. Cuenta con la colaboración de cuatro instituciones públicas (INECC, IMTA, la CONAGUA y la CONANP) para implementación de acciones. Este proyecto tuvo como objetivo principal implementar medidas piloto de adaptación en humedales costeros del Golfo de México para reducir su vulnerabilidad al cambio climático y fomentar la creación y el fortalecimiento de capacidades de adaptación. Su implementación se realizó en tres sitios piloto: Río Papaloapan-Laguna de Alvarado, Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Humedal de Punta Allen: Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo (INECC, 2017b) (véase el apartado "Aprendizajes en la implementación de las medidas de adaptación").		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Construcción de esquemas de monitoreo y evaluación de la adaptación en México para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia	Proyecto de investigación apoyado económicamente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) hasta el 2020. Tiene como objetivo elaborar herramientas cuantitativas y cualitativas que permitan monitorear y evaluar las acciones de adaptación al cambio climático en diferentes regiones o sectores, implementadas por los sectores público, privado y la sociedad civil. Entre sus actividades destacan la construcción de un marco conceptual y analítico para el monitoreo y la evaluación de la adaptación en México; la identificación de acciones que se están impulsando en el país en materia de adaptación; la evaluación de seis estudios de caso, y la generación de una plataforma para difundir la información del proyecto.		Sin especificación en la CND.	
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Evaluación de servicios ecosistémicos y de riesgos por cambio climático en cuencas hidrográficas de Chile y México	Proyecto de colaboración entre la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de La Araucanía junto con la Universidad Católica de Temuco, de Chile, y el INECC de México, con financiamiento del Fondo Conjunto de Cooperación Chile-México. Su principal objetivo consistió en intercambiar experiencias y metodologías, evaluar las presiones e impactos sobre los servicios ecosistémicos, la disponibilidad del recurso hídrico y los riesgos por cambio climático, además de identificar algunas medidas de adaptación para ambos estudios de caso (INECC, 2018).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Plataforma de coordinación interinstitucional para la atención de humedales costeros en México	Diseñada para acceder, visualizar y analizar la información relevante de las dependencias del gobierno federal en el tema de humedales costeros. Representa el esfuerzo colaborativo de ocho instituciones (INECC, CONAGUA, CONABIO, CONAFOR, CONANP, SEMARNAT, SEMAR e INEGI). Su objetivo es definir áreas prioritarias con base en su valor ecológico, la vulnerabilidad al cambio climático (actual y futura) y los instrumentos de política pública vigentes (http://sigagis.conagua.gob.mx/atencion_humedales/).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Plataforma de colaboración sobre cambio climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México 2013-2017	Su principal objetivo es generar información para la toma de decisiones y la inversión pública a partir de análisis de clima observado y cambio climático, evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, fortalecimiento de capacidades mediante la cooperación Sur-Sur y generación de informes de seguimiento y rastreo de los flujos de financiamiento para el cambio climático en el sector ambiental (INECC-PNUD, 2017h). La plataforma se financió con recursos aportados por el gobierno de Canadá.		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)	Estrategia de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas hacia el 2040	Intenta garantizar la representatividad, resiliencia y mantenimiento de la biodiversidad y de sus servicios ambientales. Promueve la conectividad y el manejo eficiente de las ANP y otras modalidades de conservación, así como el uso sustentable de los recursos naturales, con el apoyo de todos los sectores de la sociedad y en coordinación con los tres órdenes de gobierno, para contribuir al bienestar de las comunidades y del país (CONANP, 2014e).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Estrategia de cambio climático desde las áreas naturales protegidas: una convocatoria para la resiliencia de México 2015-2020	Establece las directrices y el marco conceptual con el que la CONANP coadyuva, en los ámbitos local, regional y nacional, para reducir la vulnerabilidad de los socioecosistemas al cambio climático, contribuir a la conservación de los servicios ecosistémicos que proveen, y promover la captura y almacenamiento de carbono (mitigación) en ANP (CONANP, 2015).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Síntesis general de información del sistema de estaciones meteorológicas automáticas en áreas naturales protegidas 2013-2016	Revisión general de registros, entre enero de 2013 y marzo de 2016, para crear una base de datos con información meteorológica en áreas naturales protegidas que facilite el análisis y sea insumo para la Plataforma de Información Climática (PIC) (CONANP, 2017a).		Sin especificación en la CND.	
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas (PACC) Periodo 2013-2016	Son el marco de referencia para la planificación e implementación de medidas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas con el fin de reducir la vulnerabilidad de los socioecosistemas al cambio climático. Hasta la fecha se cuenta con 10 PACC, de los cuales se publicaron seis en el periodo 2013-2018: *1)* Región Central de la Sierra Madre Oriental, *2)* Complejo Cuenca del Río Grande, *3)* Complejo Reserva de la Biósfera Mapimí, *4)* Complejo Cumbres de Monterrey-Sierra de Arteaga-Zapalinamé, *5)* Complejo Cuatrociénegas y *6)* Complejo Marismas Nacionales, Nayarit y Sinaloa (CONANP, 2013, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2016).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Áreas naturales protegidas. Fortalecimiento de la resiliencia para salvaguardar la biodiversidad amenazada por el cambio climático	Proyecto auspiciado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), con recursos gestionados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); contempla doce ecorregiones representadas por 17 áreas naturales protegidas y espera, entre sus resultados: *a)* fortalecer el marco institucional del sistema de áreas naturales protegidas mexicanas con criterios de cambio climático y resiliencia que permitan salvaguardar la biodiversidad de manera efectiva; *b)* ampliar el sistema de áreas naturales protegidas en sitios de conectividad estratégica y criterios de resiliencia al cambio climático, y *c)* promover una gestión efectiva de las áreas naturales protegidas para reducir las amenazas climáticas a la biodiversidad (PNUD 2014-2018).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	Decretos de áreas naturales protegidas	En el marco de la COP 13 sobre la Biodiversidad, el Presidente de México firmó los decretos de las siguientes ANP: *1)* Reserva de la Biósfera del Caribe Mexicano; *2)* Sierra de Tamaulipas;*3)* Pacífico Mexicano Profundo; *4)* Islas del Pacífico (21 islas y 97 islotes) (DOF, 2016a, 2016b, 2016c, 2016d). A finales de 2017 se decretó como ANP, con el carácter de Parque Nacional, a la región conocida como Revillagigedo, localizada en el Pacífico Mexicano (DOF, 2017a).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Programa Nacional Contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH)	Su objetivo es poner en marcha una política pública para reducir los riesgos por inundaciones, principalmente en poblaciones vulnerables. Sus componentes principales son: vigilancia, pronóstico y alerta temprana, determinación de territorio inundable y formulación de Programas de Prevención de Contingencias Hidráulicas por Organismos de Cuenca. Actualmente cuenta con 32 sistemas de pronóstico de ríos en operación en el país, lo que fortalece el monitoreo y la vigilancia. Además, se ha apoyado al CENAPRED en la elaboración de atlas de riesgo relacionados con inundaciones (CONAGUA, 2017).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Comisión Nacional del Agua	Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE)	Consiste en la atención, seguimiento y prevención al fenómeno recurrente de la sequía en el territorio nacional. Su objetivo principal es la elaboración de instrumentos que permitan la gestión integrada de los Consejos de Cuenca con relación al manejo del recurso hídrico bajo los efectos de este fenómeno natural, conforme a un nuevo enfoque proactivo y preventivo (CONAGUA, 2014). Entre sus acciones destaca la actualización quincenal del Monitor de Sequía, con el cual se están desarrollando nuevas herramientas e índices para una mayor precisión en las localidades. Además, durante 2013-2014 se elaboraron los Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía (PMPMS) para los 26 Consejos de Cuenca, para siete de los cuales se instrumentaron acciones en 2016. En el periodo 2014-2015 también se elaboraron PMPMS para 14 ciudades del país (CONAGUA, 2017).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Comisión Nacional del Agua	Modernización del Servicio Meteorológico Nacional	El proyecto consiste en la adquisición, operación y mantenimiento de equipos de observación con instrumentación de tecnología reciente para medir variables meteorológicas. A la fecha se han concluido tres Centros Hidrometeorológicos Regionales: *1)* Boca del Río, Veracruz, el cual se enfoca particularmente en el pronóstico de frentes fríos y ciclones tropicales; *2)* Tuxtla, Chiapas, y *3)* Mérida, Yucatán, mismos que orientan sus esfuerzos al pronóstico de ondas tropicales y huracanes. También se han mejorado herramientas tecnológicas para pronósticos y toma de decisiones relacionados con fenómenos hidrometeorológicos severos a partir de aplicaciones relacionadas con: la estimación de lluvias por satélite, el cálculo del oleaje y marea de tormenta, y el protocolo de aviso común (CAP, por sus siglas en inglés) (CONAGUA, 2017).		Adaptación basada en el sector social.	
Comisión Nacional del Agua, Alianza WWF, Fundación Gonzalo Río Arronte, A.C.	Programa Nacional de Reservas de Agua (PNRA) para el Medio Ambiente	El PNRA tiene como objetivo establecer reservas de agua que garanticen el flujo necesario para la protección ecológica, incluidas la conservación y restauración de ecosistemas vitales, así como la disponibilidad para el consumo humano y la generación de energía eléctrica. En 2018, durante la celebración del Día Mundial del Medio Ambiente, se publicaron diez Decretos de Reservas de Agua a fin de establecer esquemas de protección en 295 cuencas, que son aproximadamente 40% de las cuencas del país y que representan 55% del agua superficial (CONAGUA, 2017, 2018).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional del Agua	Tratamiento de aguas residuales	Con la finalidad de hacer nuevamente uso del agua residual, ya tratada, en las actividades que así lo permitan, esto la convierte en fuente de abastecimiento de los usos que no requieren necesariamente agua potable y libera caudales de agua limpia en beneficio de la población. A partir de esta premisa, durante 2012-2016 se ha llevado a cabo la cobertura de tratamiento de 46.5% en 2012 a 58.2% al corte de 2015. Actualmente México cuenta con 2,536 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales con una capacidad instalada de 123.5 m^3/s, lo que se traduce en un caudal adicional de 23.83 m^3/s respecto del que se tenía en 2012 (CONAGUA, 2017) (véase Capitulo 3 Políticas y Medidas de Mitigación, apartado Aguas Residuales, p. 324).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	Programa Nacional Forestal 2014-2018 (PRONAFOR)	El PRONAFOR establece las directrices de la política forestal de México. Su principal objetivo es promover el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales del país, reactivar la economía del sector forestal y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas forestales; asimismo, mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales a la sociedad y reducir las emisiones de carbono generadas por la deforestación y degradación forestal. Para su ejecución se diseñaron e implementan doce estrategias específicas de intervención, las cuales retoman y fortalecen los enfoques de diseño de intervenciones de política pública establecidos en el Proyecto de Bosques y Cambio Climático 2012-2017 (CONAFOR, 2017).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Comisión Nacional Forestal	Proyecto de Bosques y Cambio Climático (PBCC) 2012-2017	Forma parte del compromiso estratégico adquirido por la CONAFOR y el Banco Mundial con el fin de respaldar las acciones del gobierno federal emprendidas en materia de atención a los bosques y al cambio climático. Tiene como objetivo apoyar a las comunidades forestales de México para que puedan gestionar sus bosques de manera sustentable, crear capital social en torno a su protección y uso sustentable, y generar ingresos adicionales a partir de productos y servicios forestales, incluida la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD+). Esta iniciativa intenta mejorar el sustento de cerca de 4,000 comunidades forestales en México (CONAFOR, 2017).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional Forestal	Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA)	Fomenta la conservación activa de los ecosistemas forestales mediante incentivos económicos a personas propietarias o poseedoras de terrenos forestales que de manera voluntaria deciden incorporar áreas al pago por servicios ambientales, con el objetivo de incorporar prácticas de buen manejo para promover la conservación y manejo sustentable de ecosistemas que garanticen la provisión en el largo plazo de los servicios ambientales (agua, biodiversidad, captura de carbono). Para transitar de un esquema de conservación pasiva a uno activo, se ha fortalecido el desarrollo de mecanismos locales con concurrencia de recursos privados, de instituciones de gobierno y organizaciones no gubernamentales, entre otros. De esta manera, durante el periodo 2012-2016 se ha apoyado la incorporación de 3.02 millones de hectáreas en este esquema de manejo sustentable de las áreas forestales (CONAFOR, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional Forestal	Programa de Restauración Forestal y Reconversión Productiva	Impulsa la recuperación de la cobertura forestal en terrenos forestales deteriorados y desprovistos de vegetación, mediante el impulso de proyectos de restauración integral con estrategias de focalización en áreas prioritarias y un enfoque de microcuencas. Durante el periodo 2012-2016 se han realizado acciones de restauración forestal en 1,179,947.42 hectáreas. Asimismo, con el propósito de contribuir a la atención de los problemas de inundaciones en el estado de Tabasco, se implementa el Programa Especial de Restauración Forestal en la Cuenca Grijalva Usumacinta desde 2013, con una meta de reforestación de 92,000 hectáreas (6 años); al cierre de 2016 se han realizado acciones de restauración forestal en 78,019.9 hectáreas (CONAFOR, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional Forestal	Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales	Tiene como propósito evitar, minimizar y controlar los daños ocasionados por los incendios en ecosistemas forestales. En materia de prevención de incendios forestales se fortaleció la coordinación con gobiernos estatales. Hasta la fecha se han conformado 32 equipos estatales de manejo de incidentes y operan 6 Centros Regionales de Manejo del Fuego. La superficie promedio anual afectada para el periodo 2014-2016 ha disminuido en 77.2%, con respecto a la superficie promedio anual registrada en el periodo 1998-2013 (disminución de 45,493 hectáreas a solo 10,355.4 hectáreas) (CONAFOR, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Comisión Nacional Forestal	Programa de Sanidad Forestal	Su objetivo es prevenir y reducir la incidencia de plagas y enfermedades forestales que tienen efectos económicos, ecológicos y sociales en el país, mediante esquemas de monitoreo y diagnóstico fitosanitario, así como brindando apoyo a los propietarios de terrenos forestales. Entre sus actividades destacan la elaboración de informes de alerta temprana y evaluación de riesgo para insectos descortezadores y defoliadores, mismos que incluyen el análisis de la información de monitor de sequía, anomalías de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) y notificaciones de tratamiento. De manera complementaria se realiza mapeo aéreo y diagnóstico terrestre para la detección de afectaciones incipientes por plagas y enfermedades forestales y evitar la pérdida de masa forestal (CONAFOR, 2017). En 2016 inició la operación del Centro Nacional de Evaluación de Riesgo y Alerta Fitosanitaria Forestal (CENERAFF). Se integraron 99 brigadas comunitarias de sanidad forestal, de las cuales 96 fueron apoyadas con recurso federal y 3 con recursos provenientes de intereses del Fondo Forestal Mexicano.		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional Forestal	Programa de Capacitación y Cultura Forestal	Para fortalecer el capital social y las capacidades de gestión de ejidos y comunidades en zonas forestales y de alto valor para la conservación de la biodiversidad se apoya el desarrollo de capacidades. Durante el periodo 2012-2016 se ha apoyado a 2,273 diferentes ejidos y comunidades propietarias de terrenos forestales para la formulación e implementación de ordenamientos territoriales comunitarios, a fin de capacitar a promotores forestales comunitarios y realizar evaluaciones rurales participativas (CONAFOR, 2017).		Adaptación basada en el sector social.	
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y Plan de Acción 2016-2030	Documento guía que establece las directrices y los principales elementos para conservar, restaurar y manejar sustentablemente la biodiversidad y los servicios que provee en el corto, mediano y largo plazos. La ENBIOMEX contiene elementos de diagnóstico ambiental e institucional, la misión y visión que se propone al 2030, así como los 14 principios orientadores que guiarán la implementación de la Estrategia. En el eje estratégico 4. Atención a los factores de presión, se definen líneas de acción, acciones y especificaciones relacionadas con la reducción de la vulnerabilidad de la biodiversidad ante el cambio climático y el cumplimiento de los compromisos de la NDC, a partir del impulso a la adaptación basada en ecosistemas (CONABIO, 2016).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Modelos de Distribución Potencial de Especies (MDP)	Permiten estimar el área de distribución de especies y brindan la posibilidad de emitir opiniones técnicas y realizar diversos análisis que apoyan la toma de decisiones del capital natural del país, especialmente en temas relacionados con los riesgos de la introducción de organismos genéticamente modificados y de especies invasoras, las prioridades de conservación, la evaluación de impacto futuro del cambio climático, el diseño de corredores biológicos, áreas en que se ubican especies en peligro de extinción, entre otros (CONABIO, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Identificación de refugios climáticos y zonas de cambio	La modelación se hizo con base en la estimación de la estabilidad de las llamadas "zonas de vida", a partir de tres parámetros climáticos, para el periodo 2015-2039, y para un escenario moderado y extremo. Estos análisis representan una primera evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas e incorpora los posibles impactos del cambio climático en la identificación de hábitats prioritarios. Para la modelación de la exposición de las especies ante el cambio climático, se cuenta con avances conceptuales e insumos para la elaboración del índice de vulnerabilidad de especies prioritarias (D. Almeida Valles, comunicación por correo electrónico, 30 de marzo de 2016).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Proyecto global de maíces nativos de México	Tiene como objetivo actualizar la información de maíces y sus parientes silvestres en México para determinar los centros de origen y de la diversidad genética del maíz. El proyecto es coordinado por la CONABIO y contó con la colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), además de la participación de 206 investigadores de 65 instituciones. Cuenta con 3 líneas de acción: *a)* generación de un documento sobre centros de origen y de diversidad genética del maíz; *b)* computarización de colecciones científicas de maíz nativo, teocintle y Tripsacum, que reunió 24,057 registros, y *c)* conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres mediante proyectos de recolecta (CONABIO, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Sitios para la restauración (SPR) de los ecosistemas de México	Ofrecen información para identificar áreas de alto valor biológico que requieren acciones de restauración con el fin de asegurar, en el largo plazo, la persistencia de su biodiversidad, su función ecológica y los servicios ecosistémicos que proporcionan, además de incrementar la conectividad entre ecosistemas. Se ha identificado a 15% del territorio nacional como prioritario para la implementación de acciones de restauración (CONABIO, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Sitios de atención prioritaria (SAP) para la conservación de la biodiversidad	Derivado del Programa de Análisis de Vacíos y Omisiones en Conservación que coordina la CONABIO, y con la finalidad de generar conocimiento que guíe los esfuerzos en conservación de la biodiversidad, se identificaron sitios de atención prioritaria mediante la utilización de análisis multicriterio (CONABIO, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.5. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	Corredor Biológico Mesoamericano en México (CBM-M)	Los corredores biológicos se consideran estrategias que aportan beneficios para mitigación y adaptación al cambio climático, a la vez que que fomentan la conservación de la biodiversidad y el trabajo conjunto con la población y sus medios de vida. En este sentido, el CBM-M ha brindado la posibilidad de trabajar con diferentes órdenes de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y comunidades, en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán. El esfuerzo realizado en esos estados ha significado la interacción con 1, 230 comunidades. Las acciones desarrolladas han beneficiado anualmente a un promedio de 13,000 personas, de las cuales alrededor de un tercio corresponde a población indígena (CONABIO, 2017).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas.	
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	Estudios y diagnósticos relacionados con modelación climática, vulnerabilidad al cambio climático y adaptación	El IMTA es una institución que contribuye a la generación de conocimiento, investigación y formación de recursos humanos para la gestión sustentable del agua. Durante el periodo 2012-2016 ha generado 35 investigaciones y proyectos relacionados con cambio climático, entre los que destacan metodologías para la utilización de escenarios de cambio climático a menor escala, los relacionados con vulnerabilidad social y construcción de capacidades con enfoque de género, los que identifican impactos socioambientales en cuencas, y los que identifican impactos en la disponibilidad del recurso hídrico (IMTA, 2017).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
CCA-UNAM, CEMDA, CI, COBI, Colegio de Geografía de la UNAM, CONANP, CONABIO, CONAFOR, CONAGUA, Cooperativa AMBIO, DUMAC, ENDESU FMCN, GIZ, IB-UNAM, IE-UNAM, IG-UNAM, IIE-UNAM, INECC, PNUD, PRONATURA Sur, SEMARNAT, SGM, TNC, WWF	Alianza México resiliente	Alianza que busca fomentar la coordinación y vinculación entre diferentes actores de los sectores público, social y académico, con la colaboración de organismos internacionales, para promover iniciativas relacionadas con la conservación de áreas naturales protegidas y de ecosistemas de México, con la finalidad de sumar esfuerzos y enfrentar los efectos del cambio climático. Como parte de sus acciones, durante 2013 elaboraron el informe Herramientas disponibles en línea, de utilidad para evaluar los impactos del cambio climático y apoyar el diseño de medidas de adaptación y mitigación (CONANP, 2017b; I.J. March *et al.*, 2013).		Adaptación basada en ecosistemas.	
SEMARNAT, CONABIO, CONAFOR y CONANP	Visión nacional de manejo integrado del paisaje y conectividad	México la presentó como respuesta a los compromisos adquiridos en materia de biodiversidad, específicamente las Metas de Aichi del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. La visión señala que, para el 2030, en un cuarto de la superficie de México se habrán tomado decisiones articuladas y adaptativas, sobre la gestión territorial de los paisajes terrestres, marino-costeros y aguas continentales. Estos paisajes se conectarán y manejarán integralmente por medio de procesos de negociación y colaboración que valorarán y vincularán los intereses de todos los actores, con el fin de asegurar la conservación y uso sustentable de los recursos naturales y culturales en beneficio del desarrollo nacional (SEMARNAT, CONABIO, CONAFOR y CONANP, 2017).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
SEMARNAT, SEGOB, SEDENA, SEMAR, SHCP, SEDESOL, SENER, SE, SAGARPA, SCT, SALUD, SEDATU, CFE, CONAGUA	Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones (CIASI)	Se creó en 2013. Está integrada por 14 dependencias, incluida la CONAGUA, misma que aprobó el Plan General Maestro Estratégico de Investigación en materia de Sequías y los mapas de vulnerabilidad y probabilidad de ocurrencia de sequía por municipio (CONAGUA, 2017).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.6. **Iniciativas de adaptación de las 13 secretarías que integran la CICC (excluida la SEMARNAT y sus órganos desconcentrados y descentralizados)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	Programa de Apoyos a Pequeños Productores. Componente Atención a Siniestros Agropecuarios	Su objetivo es apoyar a los productores agropecuarios para que mejoren su capacidad adaptativa ante desastres naturales. Sus acciones se enfocan en la adquisición de esquemas de aseguramiento para las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas o pesqueras de productores de bajos ingresos, en caso de ocurrir desastres naturales. También ofrece apoyos directos para productores de bajos ingresos en caso de ocurrir desastres naturales en regiones o sectores no asegurados, o bien cuando los daños rebasan lo asegurado (DOF, 2017b).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro)	Programa que encabeza México junto con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para fortalecer la seguridad alimentaria mediante la investigación, el desarrollo, la generación de capacidades y la transferencia de tecnologías al campo para los pequeños y medianos productores de maíz y de trigo. Las acciones que realiza son la clasificación de biodiversidad genética que se conserva en bancos de germoplasma de México, detección de información genéticamente relevante para el desarrollo de semillas mejoradas y capacitación técnica (SAGARPA, 2013, 2015).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Proyecto de Desarrollo de las Zonas Áridas (PRODEZA)	Destina apoyos para la realización de proyectos integrales de desarrollo rural, preferentemente de las zonas áridas, semiáridas y en proceso de desertificación. Como parte de los componentes del programa se considera la ejecución del Programa Nacional de Rehabilitación de Agostaderos (PRONARA), que tiene como objetivo ayudar a contrarrestar los efectos de la desertificación, proporcionando alimento, recuperando suelo y creando cobertura vegetal. Estas acciones coadyuvan a contrarrestar los efectos del cambio climático, al reducir las emisiones de carbono a la atmósfera y devolver el equilibrio a los ecosistemas en las áreas rehabilitadas (SAGARPA, 2015).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Estrategia de conservación y uso sustentable de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA)	La Estrategia contiene cuatro líneas de atención: *i)* conservación *in situ*; *ii)* conservación *ex situ*; *iii)* uso y potenciación de los recursos genéticos, y *iv)* creación y fortalecimiento de las capacidades nacionales. En la actualidad se cuenta con el resguardo de más de 62,500 colectas de cultivos nativos y la protección legal de 209 variedades de uso común, originarias de México, para evitar la biopiratería (SAGARPA, 2015).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Proyecto Sistema de Alerta Temprana de Información Agroclimática para la Toma de Decisiones. Tablero Agroclimático	El Centro de Información de Mercados Agroalimentarios (CIMA), en coordinación con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), desarrolló el proyecto con la finalidad de advertir con anticipación los posibles efectos de la variabilidad climática y el cambio climático en la agricultura, además de incorporar mecanismos y estrategias de adaptación (SAGARPA, 2016).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Salud	Estrategia de adaptación al cambio climático en México para la prevención y atención de los impactos sanitarios en la población vulnerable	Por conducto de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) se realiza la planeación e implementación de la Estrategia, misma que contiene cuatro líneas de acción: *1)* diseño de un sistema de alerta temprana para padecimientos relacionados con el cambio climático; *2)* actualización del marco normativo y programático del sector salud en materia de riesgos sanitarios asociados al cambio climático; *3)* elaboración de un diagnóstico de la infraestructura estratégica actual del sector salud, y *4)* disposición de un diagnóstico para evaluar la vulnerabilidad frente al cambio climático en el sector salud. Para su seguimiento y ejecución se conformó el Grupo de Trabajo de Cambio Climático y Salud de alcance federal (SALUD/COFEPRIS, 2017).		Adaptación basada en el sector social.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Salud	Fondo de Aportaciones para los Servicios de Salud a la Comunidad (FASSC)	Por mediación de la Coordinación General del Sistema Federal Sanitario se firmaron convenios específicos en materia de transferencia de recursos federales del FASSC, para la implementación de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Secretaría de Salud, una vez establecidos los mecanismos de coordinación con las 32 entidades federativas para los siguientes objetivos: *a)* asignación de presupuesto; *b)* designación de líderes de proyecto; *c)* elaboración de lineamientos para la ejecución del proyecto; *d)* elaboración del diagnóstico y la evaluación de la vulnerabilidad en salud frente al cambio climático en las entidades federativas, y *e)* inclusión del componente de salud en los programas de cambio climático de las entidades federativas (SALUD/COFEPRIS, 2017).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Salud	Estrategia de Comunicación Educativa sobre los Efectos de Cambio Climático en Salud para Municipios	Elaboración y distribución del cartel y cuadernillo denominado "Acciones municipales de salud ante el cambio climático", en el marco de las actividades promovidas por la Red Mexicana de Municipios por la Salud, A.C. (SALUD/COFEPRIS, 2017).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Salud	Programa de Acción Específico de Atención de Urgencias Epidemiológicas y Desastres	Tiene como objetivo mantener la organización y coordinación intra e intersectorial para la atención oportuna de urgencias epidemiológicas y desastres (emergencias en salud), mediante el fortalecimiento de la capacitación del personal de salud. Actualmente se cuenta con una red de enlaces, planes y lineamientos para la atención de emergencias en salud. El programa lo coordina el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) (SALUD/COFEPRIS, 2017).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Salud	Sistema de Información Geográfica para la Planeación y Desarrollo del Sector Salud (SIGPLADESS)	El SIGPLADESS es un sistema de georreferencia que tiene la finalidad de facilitar el análisis, diagnóstico y planeación de la infraestructura física en salud del país en las 32 entidades federativas mediante la conjunción de distintas bases de información estadística en salud, geográfica, demográfica, poblacional, egresos, defunciones, entre otras (SALUD/COFEPRIS, 2017).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	Puerto de Manzanillo: gestión de riesgos climáticos. Reporte final	Documento que tiene como objetivo ser una herramienta de apoyo, tanto para Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A de C.V., como para las terminales del puerto de Manzanillo, a fin de que logren reducir sus riesgos y puedan aprovechar las oportunidades generadas por el cambio climático. Contiene una caracterización de las condiciones y riesgos climáticos, así como el diseño del Plan de Adaptación para el Puerto de Manzanillo (BID-SCT, 2015).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Comunicaciones y Transportes	Estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la red carretera federal	Con objeto de disponer de instrumentos para evaluar sistemáticamente la exposición de la infraestructura carretera a eventos derivados del cambio climático e identificar y jerarquizar las políticas públicas, estrategias, programas y acciones necesarios para su adaptación, durante 2015 y 2016 se realizaron los siguientes estudios: • Adaptación del marco de referencia internacional para el análisis de los efectos del cambio climático sobre la red carretera federal y su aplicación en Colima y Nayarit (SCT, 2015). • Aplicación del procedimiento para identificar la exposición de la red carretera federal a los efectos de fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático en Hidalgo y Tabasco. • Aplicación del procedimiento para identificar la exposición de la red carretera federal a los efectos de fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático en Baja California Sur (SCT, 2016).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Comunicaciones y Transportes	Criterios de sustentabilidad para carreteras en México	Esta investigación plantea directrices para la aplicación del concepto de sustentabilidad a las carreteras en México. La evaluación considera componentes sociales, técnicos, ambientales, económicos y de seguridad (SCT-IMT, 2014a).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Comunicaciones y Transportes	Transporte federal de personas en México: transición hacia la sustentabilidad y la resiliencia	Describe algunos de los mecanismos y políticas públicas que podrían ayudar a aumentar la resiliencia del sistema de transporte terrestre de personas en el ámbito interurbano (SCT-IMT, 2014b).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Turismo (SECTUR)	Guía local de acciones de alto impacto en materia de mitigación y adaptación al cambio climático en destinos turísticos mexicanos	Su objetivo es brindar un marco de referencia de las causas y consecuencias del cambio climático en términos generales. Establece la relación entre el turismo y el cambio climático, define una aproximación metodológica de vulnerabilidad al cambio climático y promueve la incorporación de criterios de adaptación y mitigación en la planeación y en las políticas turísticas locales (SECTUR, 2014).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Turismo	Estudio de vulnerabilidad y programas de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos	Con el apoyo del Fondo Sectorial CONACYT-SECTUR se realizó este estudio que contiene diagnósticos para 10 destinos turísticos prioritarios: Acapulco, Cancún, Huatulco, Ixtapa-Zihuatanejo, Los Cabos, Mazatlán, Nuevo Vallarta, Puerto Vallarta, Rivera Maya y Veracruz. Su finalidad es identificar amenazas climáticas y generar indicadores de vulnerabilidad física y social para el análisis de los efectos del cambio climático en el sector turismo. Se realizaron talleres de análisis de propuestas de medidas de adaptación al cambio climático en los destinos turísticos prioritarios (SECTUR-CONACYT, 2014).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Turismo	Propuesta de programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático del sector turismo. Diez destinos turísticos	Como seguimiento a los resultados de los 10 diagnósticos derivados del Estudio de Vulnerabilidad y Programas de Adaptación ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Destinos Turísticos Estratégicos, así como con la propuesta de un Sistema de Alerta Temprana a Eventos Hidrometeorológicos Extremos, y con los resultados de los talleres para la identificación de medidas de adaptación, se realizó la Propuesta de Programa de Adaptación con el objetivo de orientar la política del sector turismo para impulsar mecanismos que contribuyan a reducir los efectos del cambio climático (SECTUR, 2014).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
Secretaría de Turismo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	Adaptación al cambio climático basada en ecosistemas con el sector privado en México (ADAPTUR)	La Iniciativa Internacional de Cambio Climático (IKI, por sus siglas en alemán) financia el proyecto. El objetivo del mismo es apoyar al sector turístico para adptarse al cambio climático, reducir el riesgo para las empresas turísticas, proteger sus activos naturales (playas, arrecifes, selvas, biodiversidad) y los servicios que brindan los ecosistemas (suministro de agua, protección contra huracanes, inundaciones, entre otros).		Adaptación basada en ecosistemas.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Turismo	Estrategia de integración para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad en el sector turístico (2016-2022)	Es resultado de un exhaustivo trabajo intra e intersectorial para integrar los criterios de conservación y uso sustentable de la biodiversidad al modelo de desarrollo del turismo sustentable en México, así como para reducir los impactos adversos que el cambio climático tiene y tendrá en las actividades del sector. Para la implementación de la estrategia se identificaron 9 ejes, divididos en tres grupos: sustantivos, de coordinación y de soporte, en los cuales se integraron posteriormente con sus respectivas líneas estratégicas.		Adaptación basada en ecosistemas.	
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias	En el *Programa especial de cambio climático* (PECC) 2014-2018, SEDESOL suscribió el compromiso de "Proveer de sistemas captadores de agua pluvial para uso doméstico a viviendas ubicadas en territorios con marginación y pobreza", mismo que se implementó con el Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias, vigente hasta el año 2015. Con esta iniciativa, durante 2013-2015 se apoyó a 26,736 viviendas con sistemas captadores de agua de lluvia para cubrir necesidades básicas de las personas y sus viviendas, así como para el riego de huertos de traspatio (SEDESOL, 2016; 2017).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Gobernación (SEGOB)	*Atlas nacional de riesgos*	El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) coordina la integración de la información de diferentes dependencias de los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal) para orientar las políticas públicas a fin de disminuir el riesgo y, por lo tanto, los desastres (CENAPRED, s.f.). Actualmente, el *Atlas nacional de riesgos* brinda la posibilidad de simular escenarios de daños, visualizar la información mediante el Sistema de Información Geográfica sobre Riesgos y acceder a información documental y geográfica de los 32 atlas estatales y de los atlas municipales elaborados en el marco de los programas de SEDATU (CENAPRED, 2018).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Gobernación	Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN)	Tiene como objetivo promover la prevención mediante el desarrollo de estudios, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. Entre las acciones que apoya destacan la elaboración o actualización de atlas de riesgos, así como la generación de estudios enfocados a la reducción de riesgos y adaptación al cambio climático (DOF, 2010b). Entre los años 2012 y 2015 se erogaron $110 mdd (corregido al 2017) de este fondo.		Adaptación basada en el sector social.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Gobernación	Fideicomiso Fondo de Desastres Naturales (FONDEN)	Es un instrumento de apoyo financiero ante la ocurrencia de un desastre natural, mismo que solicitan las entidades federativas y sus municipios cuando los daños superan su capacidad financiera para dar respuesta (DOF, 2010a). De 1997 a 2017, el gasto erogado por conducto de este fideicomiso es de $22, 369, 253, 158 millones de dólares.		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Marina (SEMAR)	Plan Marina	Es un mecanismo de auxilio a la población civil que se aplica en casos de emergencia o desastre, actuando de manera coordinada con las dependencias federales, estatales y municipales, así como con los sectores privado y social (SEMAR, 2014).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Marina	Programa Institucional para la Protección, Conservación, Restauración y Reforestación de Manglares	Programa con el que se realizan acciones de restauración y reforestación de manglar en zonas de jurisdicción naval, se refuerza la inspección y vigilancia en áreas de manglar y se promueven pláticas de concientización sobre la importancia de los manglares y su conservación. Para 2016 se habían restaurado 9,610 m^2 y reforestado 16,385 m^2 de manglar, concientizado a 38,307 personas y realizado 3,127 recorridos de inspección y vigilancia (SEMAR, 2017a).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Secretaría de Marina	Estudios de investigación oceanográfica y de contaminación marina	Se realizan estudios de investigación oceanográfica y de contaminación marina. Entre las investigaciones destacan: un estudio sobre la arribazón atípica de sargazo ocurrida en las costas del Caribe mexicano, otro sobre el impacto al ecosistema y a las actividades socioeconómicas ocasionado por dicha arribazón en las costas de Quintana Roo, y otro más sobre la erosión del sistema arrecifal de Cayo Arcas, Campeche, por efectos del cambio climático (SEMAR, 2017b).		Adaptación basada en ecosistemas.	
Secretaría de Marina	Pronósticos meteorológicos e información climatológica	La SEMAR ha fortalecido las acciones encaminadas a brindar información meteorológica marítima en apoyo a una toma de decisiones que sea útil para el Sistema Nacional de Protección Civil y para el Sistema Nacional de Cambio Climático. Por medio del Centro de Análisis y Pronóstico Meteorológico Marítimo (CAPMAR) y del Departamento de Climatología pone a disposición de las dependencias federales y del público en general información meteorológica y principalmente de pronóstico estacional, avisos de tiempo severo como ciclones tropicales, nortes y mar de fondo, además de atender entrevistas radiofónicas y televisivas a diferentes cadenas de carácter nacional e internacional. De 2015 a 2017 se elaboraron y difundieron 20,561 productos meteorológicos a través de su página https://meteorologia.semar.gob.mx/ (SEMAR, 2016, 2017a).		Adaptación del sector social ante el cambio climático.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Marina	Mantenimiento de la red de observación meteorológica marítima de la Secretaría de Marina	Para mantener el monitoreo constante y en tiempo real de las condiciones meteorológicas predominantes en las costas nacionales, la SEMAR cuenta con una red de 30 estaciones meteorológicas en ambos litorales, de las cuales 15 son Estaciones Meteorológicas Automáticas de Superficie (EMAS); siete, Estaciones Meteorológicas Automáticas Complementarias (EMAC), y ocho, Estaciones Meteorológicas Automáticas para Buques (EMABUQ). Para su correcto funcionamiento se realizan acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, mismas que garantizan la calidad de la información que alimenta una base de datos meteorológicos que coadyuva con el Sistema Nacional de Cambio Climático (SEMAR, 2017b).		Adaptación del sector social ante el cambio climático.	
Secretaría de Marina	Red mareográfica institucional	La SEMAR cuenta con una red de estaciones mareográficas para obtener información sobre el incremento del nivel del mar como un efecto del cambio climático. A partir de 2016, la red ha incrementado el número de estaciones, pues pasó de 42 a 63, mismas que se distribuyen en el Pacífico mexicano (45) y en el Golfo de México y el Mar Caribe. Para garantizar la mejor calidad de la información, también se cuenta con un Centro de Control y Procesamiento de Datos Mareográficos (SEMAR, 2017b).		Adaptación del sector social ante el cambio climático.	
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)	Programa de Prevención de Riesgos	Promueve la elaboración de programas de ordenamiento territorial, tanto estatal y regional como metropolitano y municipal, que funcionan a manera de instrumentos de planeación del territorio que contribuyan a la adaptación al cambio climático. Además, promueve como instrumentos de prevención y mitigación del riesgo: *a)* la realización de estudios de viabilidad y costo-beneficio para la reubicación de la población en zonas de riesgo en las que se definen medidas de adaptación; *b)* la elaboración o actualización de atlas de riesgo (cabe destacar que las 32 entidades federativas cuentan con este instrumento); *c)* estudios de resiliencia urbana; *d)* elaboración o, en su caso, actualización de reglamentos de construcción que establezcan tipologías de peligros o riesgos, y *e)* obras hidráulicas o ecológicas con fines preventivos o de mitigación del riesgo (DOF, 2017c).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	Red de ciudades sustentables	La red promueve proyectos para mejorar la sostenibilidad de las ciudades considerando la perspectiva ambiental. Hasta la fecha se han incorporado a esta iniciativa ocho ciudades de México. Las actividades que promueve son: manejo adecuado de residuos sólidos, mejoras en la movilidad urbana, rescate de espacios públicos y fomento de ecotecnologías en viviendas (SEDATU, 2015, 2016b).		Adaptación basada en el sector social.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	Red de ciudades resilientes	El objetivo de esta red es coadyuvar con los gobiernos municipales en el incremento de la capacidad de recuperación y resiliencia de las ciudades frente a desastres por fenómenos naturales, mediante el trabajo coordinado de la SEDATU y la SEGOB, en colaboración con ONU-Hábitat. En una primera etapa se han integrado 18 ciudades de 17 entidades federativas (SEDATU, 2016b).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	Guía de resiliencia urbana	Guía realizada con una visión intersectorial que establece el marco de actuación para que las autoridades municipales puedan diseñar e implementar acciones orientadas a prevenir riesgos, a reducir su impacto en la población y a generar mejores esquemas para la recuperación. La guía establece el marco conceptual y los antecedentes de la gestión integral del riesgo y detalla el proceso y metodología para la elaboración del perfil de resiliencia urbana, que ha de convertirse en la base para los estudios derivados del Programa de Prevención de Riesgos (SEDATU, 2016a).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Educación Pública (SEP)	Becas de excelencia de contribución a tu entorno (educación superior)	Durante el 2014, la SEP, a través de la Coordinación Nacional de Becas de Educación Superior (CNBES), promovió un programa de becas que coadyuvara con los compromisos del gobierno mexicano para garantizar un medio ambiente sano. Con esta convocatoria se brindó apoyo económico a alumnos que se distinguieran por participar en actividades y/o proyectos relacionados con la protección del medio ambiente, desarrollo sustentable, así como con temas relacionados con mitigación del cambio climático y adaptación al mismo.		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)	Participación de la delegación mexicana en diversos encuentros multilaterales	Durante 2012-2017, teniendo como marco las reuniones de la CMNUCC, la delegación mexicana participó en los trabajos de negociación durante las Conferencias de las Partes (COP) siguientes: COP 18 en Doha, Qatar, celebrada en 2012; COP 19 de Varsovia, Polonia, en el año 2013; COP 20 de Lima, Perú, en 2014; COP 21 en París, Francia, en 2015; COP 22, en Marrakech, Marruecos, en 2016, y COP 23, realizada en Bonn, Alemania, en 2017. De forma paralela, México participó activamente en los grupos de trabajo y foros de negociación que derivaron en la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, haciendo aportaciones para la inclusión de la conservación de la biodiversidad y la adopción de compromisos nacionales para enfrentar el cambio climático como instrumentos clave del desarrollo sostenible (SRE, 2017).		Adaptación basada en el sector social. Adaptación basada en ecosistemas. Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.6. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Secretaría de Economía (SE)	Transferencia de tecnologías amigables al medio ambiente y que contrarrestan el impacto del cambio climático (Sistema de Propiedad Intelectual)	El Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI) promueve medidas que contribuyan a la disminución del impacto causado por cambio climático, por medio de la cooperación y el fomento a la investigación con el fin de obtener tecnologías innovadoras que sean amigables con el ambiente, para lo cual cuentan con las siguientes herramientas y servicios: *a)* fuentes de información tecnológica; *b)* patentes de dominio público; *c)* consultas técnicas gratuitas; *d)* consulta de los fondos en papel; *e)* bases de datos en línea; *f)* alerta tecnológica, y *g)* vigilancia tecnológica, entre otros (SE, 2016).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Economía	Norma mexicana NMX-AA-166/1-SCFI-2013 "Estaciones meteorológicas, climatológicas e hidrológicas-parte 1"	Esta norma mexicana establece las especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales e instrumentos de medición de las variables meteorológicas utilizadas en las estaciones meteorológicas automáticas y sinópticas (SE, 2016).		Adaptación basada en el sector social.	
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación (Anexo 16. Recursos para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático)	La SHCP es la dependencia de gobierno que integra la información de ingresos y egresos de la federación. Como parte del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) se establece un Anexo Transversal para cambio climático, de 2013 a 2018, en el cual los ejecutores del gasto definen montos económicos para la atención de temas de mitigación y adaptación (INECC, 2017c). La SHCP participa también en el Comité Técnico del Fondo para el Cambio Climático, derivado de la Ley General de Cambio Climático, además de ser la autoridad designada para dirigir el Fondo Verde para el Clima (Green Climate Fund) (GCF, s.f.).		Adaptación basada en el sector social.	
Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES)	Transversalización de la perspectiva de género en el *Programa especial de cambio climático* (PECC, 2014-2018)	El INMUJERES participó y acompañó el proceso de elaboración del *Programa especial de cambio climático* 2014-2018 con la finalidad de fortalecer la transversalidad de la perspectiva de género y articular el programa con las directrices del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (INMUJERES, 2018).		Adaptación basada en el sector social.	

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible
Instituto Nacional de las Mujeres	Proyecto "Adaptación al cambio climático y economía solidaria, una vía hacia el empoderamiento económico de mujeres indígenas de Oaxaca"	A través del Programa Proequidad se otorgaron apoyos financieros a la sociedad civil para el desarrollo de proyectos que favorezcan la igualdad de oportunidades y el adelanto de las mujeres en México. Entre ellos se apoyó el proyecto de Espacio de Encuentro de las Culturas Originarias, A.C., que a su vez impulsó proyectos productivos para mujeres y hombres de la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca (INMUJERES, 2018).		Adaptación basada en el sector social.	
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Incorporación de criterios de adaptación en el desarrollo de proyectos	Con la integración de dichos criterios se pretende seguir impulsando proyectos de conservación ambiental con la finalidad de establecer barreras naturales contra fenómenos meteorológicos y reforzar la resiliencia de las áreas que rodean las instalaciones de PEMEX (PEMEX, 2016).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Tabla 5.7. **Iniciativas de adaptación que establecen un vínculo entre mitigación y adaptación**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	Estrategia nacional REDD+ (ENAREDD+) y áreas de acción temprana REDD (AATREDD)	Para mitigar los efectos del cambio climático, México ha avanzado en la construcción de un mecanismo REDD+ de manera progresiva y participativa mediante el desarrollo de cuatro componentes: *i)* desarrollo de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (ENAREDD+); *ii)* establecimiento de niveles de referencia nacionales y/o regionales de emisiones relacionadas con la deforestación; *iii)* disponibilidad del Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), y *iv)* creación de un sistema para reportar acerca de la forma en que se atienden y respetan las salvaguardas ambientales y sociales. Esta estrategia contribuirá de manera significativa al cumplimiento del Compromiso Nacionalmente Determinado que el país suscribió en abril de 2016.		Adaptación basada en ecosistemas. Adaptación basada en el sector social. Mitigación: reducción de emisiones de GEI del sector USCUSS.	

Tabla 5.7. **(Continuación)**

Dependencia	Iniciativa	Descripción	Categoría de acción de adaptación	Contribución nacionalmente determinada (CND)	Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)
Sociedad Hipotecaria Federal	Componente de Fondo de Inversión de América Latina de la Unión Europea (LAIF) del Programa de Ecocasa	Se promueve la construcción de viviendas pasivas o de alta eficiencia mediante diferentes medidas relacionadas con diseño bioclimático (ubicación, aislamientos térmicos, ventilación, iluminación natural) y con la adopción de ecotecnologías. Esta medida está encaminada a dar cumplimiento al estándar de la NAMA de apoyo para la Vivienda Sustentable en México-Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros. No obstante, al considerar la arquitectura bioclimática puede definirse como una opción de sinergias mitigación-adaptación (https://www.gob.mx/shf/documentos/laif).		Sin especificación en los NDC. NAMA Mexicana de Vivienda Sustentable. Aportes tecnológicos en diseño bioclimático para adaptación.	
Petróleos Mexicanos	Proyecto de monitoreo adaptativo, mitigación y adaptación al cambio climático en Calakmul	Sistema de información relacionada con cambio climático y con la implementación del Plan Vivo para 32 comunidades en la región de Calakmul. Las actividades del Plan Vivo contemplan la cuantificación de secuestro de carbono, agroforestería y plantaciones en pequeña escala, restauración de ecosistemas degradados o dañados; y conservación de los bosques y tierras forestales bajo amenaza de deforestación (PEMEX, 2015).		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	
SAGARPA, IICA y GIZ	Agenda de cambio climático y producción agroalimentaria	Con el propósito de enfrentar los retos que significa el cambio climático para el sector agroalimentario, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) proponen políticas públicas, líneas estratégicas, líneas de acción y actividades que aumenten la capacidad del sector agroalimentario para lograr un sector climáticamente responsable y resiliente, productivo, competitivo, sostenible e incluyente, que garantice el respeto a los derechos humanos y que contribuya a mitigar las emisiones de GYCEI, a adaptarse al CC y a aprovechar sosteniblemente los recursos naturales mediante la coordinación intra e interinstitucional. La agenda propone cuatro ejes temáticos y tres transversales que en conjunto contienen 27 líneas estratégicas, 76 líneas de acción y 319 actividades, así como un sistema de indicadores de gestión, contexto e impacto que brinde fundamento metodológico para la ejecución, el monitoreo y la evaluación de sus actividades.		Adaptación basada en la infraestructura estratégica y de los sistemas productivos.	

Avances de las iniciativas de adaptación en gobiernos estatales y municipales

La formulación de políticas en materia de adaptación en el país muestra avances sustanciales relacionados con la consolidación de arreglos institucionales, la elaboración de instrumentos de planeación que establecen objetivos y estrategias de adaptación para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, la implementación de acciones y prácticas que mejoren la capacidad de adaptación, así como la coordinación y concertación entre gobiernos estatales y municipales con la finalidad de sumar esfuerzos y tener una visión conjunta que permita alcanzar las metas planteadas por México.

A continuación se presentan algunas experiencias de los gobiernos estatales, que son un ejemplo de las trayectorias que están trazando desde su marco legal y ámbito de actuación, para refrendar su compromiso con las políticas de cambio climático. Esto no significa que sean las únicas que se están desarrollando en México, pero permiten ilustrar diferentes modelos de actuación y vinculación en los ámbitos regional, estatal y municipal.

Iniciativas regionales

Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático de la Península de Yucatán

A partir de la COP 16 de la CMNUCC que se llevó a cabo en Cancún, Quintana Roo, se han promovido acciones por parte de los gobiernos de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán —dado que se tienen ecosistemas y condiciones socioculturales similares—, con miras a establecer una visión conjunta para la atención de los efectos del cambio climático.

Este esfuerzo se ha materializado en la firma del acuerdo general de coordinación entre los estados de la península de Yucatán en 2010, el cual proporciona el marco de referencia para impulsar proyectos regionales como son REDD+, Adaptación y Fondo de Cambio Climático.

Para el tema de Adaptación, en 2013 se elaboró una hoja de ruta denominada "Articulación de instrumentos de política para la adaptación al cambio climático en la Península de Yucatán" con la participación de representantes de gobierno y actores clave.[16]

En 2015 se instaló de manera formal la Comisión Regional de Cambio Climático de la Península de Yucatán con el objetivo de coordinar acciones y recursos a partir de un marco de gobernanza que integre la participación de gobierno y sociedad civil para tres proyectos relacionados con la adaptación al cambio climático (CRCC, 2015) (**Figura 5.52**):

- Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático de la Península de Yucatán.
- Programa Regional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+) en la Península de Yucatán.
- Creación de un Fondo para la Acción Climática de la Península de Yucatán.

Iniciativas estatales

Iniciativas de adaptación en la Ciudad de México

En 2014 se publicó el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, mismo que contiene como

[16] Para más información, vèase http://www.ccpy.gob.mx/agenda-regional/adaptacion/estrategia-regional.php

Figura 5.52. **Instalación de la Comisión Regional de Cambio Climático de la Península de Yucatán**

Fuente: Imagen retomada de http://www.ccpy.gob.mx/

meta global de Adaptación que 5.6 millones de habitantes en condición de vulnerabilidad al cambio climático construyan resiliencia a los efectos del cambio climático (CDMX, 2014). Además, en este instrumento se han incorporado 78 líneas de acción género-responsivas con la finalidad de reducir la vulnerabilidad al cambio climático y las brechas de desigualdad existentes (SEDEMA, 2018).

Para establecer una ruta de acción para alcanzar la meta global de adaptación se elaboró la *Estrategia de resiliencia cdmx: transformación adaptativa, incluyente y equitativa*, publicada en el marco de la iniciativa 100 Ciudades Resilientes. Dicha estrategia incluye 5 ejes de atención: *1)* fomentar la coordinación regional, *2)* impulsar la resiliencia hídrica como nuevo paradigma para el manejo del agua en la Cuenca de México, *3)* planear la resiliencia urbana y territorial, *4)* mejorar la movilidad a través de un sistema integrado, seguro y sustentable y *5)* desarrollar la innovación y la capacidad adaptativa (CDMX, 2016).

Cabe mencionar que se ha realizado un ejercicio de articulación de las estrategias de cambio climático de la Ciudad de México con los compromisos del Acuerdo de París para avanzar de manera coordinada en el cumplimiento de los acuerdos internacionales. También se han establecido metas de disminución de pérdidas económicas de fenómenos climáticos extremos respecto de su año base (2005), y se ha determinado que para el 2018 sea de 17%, con lo que alcanzará, para 2030, una reducción de 40% (CDMX, 2016).

Iniciativas de adaptación en la Península de Yucatán

Para dar cumplimiento al objetivo y metas de adaptación, el gobierno de Yucatán ha impulsado acciones para la recuperación de 13.66 kilómetros de playa erosionada, la reforestación de 38.4 hectáreas y la instalación de doce rompeolas tipo geotextil. Aunado a las acciones de infraestructura física y de restauración de ecosistemas, también se cuenta con instrumentos que ayudan a mejorar la planeación del territorio, como es el *Atlas de peligros por fenómenos naturales de Yucatán,* que integra información de eventos hidrometeorológicos (SEDUMA, 2018).

Con respecto a los arreglos institucionales necesarios para consolidar la política estatal de adaptación se ha conformado el Grupo de Trabajo Intersecretarial de Adaptación con la participación de las dependencias de gobierno estatal, las cuales trabajan en mecanismos de seguimiento y reporte de las acciones determinadas en el PEACC-Yucatán (SEDUMA, 2018).

También es importante resaltar que la Estrategia REDD+ ha contado con la participación de los estados de la península de Yucatán para la elaboración de planes estatales de salvaguardas. Estas acciones apoyan los procesos que promueven la sinergia entre adaptación-mitigación.

Acciones a nivel municipal en Yucatán

La Junta Intermunicipal Biocultural del PUUC (JIBIOPUUC) surge como una experiencia de asociación entre 5 administraciones municipales del estado de Yucatán que brinda un antecedente de colaboración gubernamental y de participación proactiva de la población como agentes de cambio, con el propósito de promover acciones que mejoren el bienestar de la población al mismo tiempo que se protegen zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad de la península de Yucatán. Dicha visión posibilita el establecimiento de acciones de adaptación basada en ecosistemas.[17]

Iniciativas de adaptación en Jalisco

El gobierno del estado de Jalisco ha formulado de manera reciente su política de cambio climático y la ha integrado como elemento clave de su agenda pública.

En 2015 se publicó la Ley para la Acción ante el Cambio Climático (LEACC) del Estado de Jalisco, estableciendo los cimientos para orientar las directrices en materia de mitigación y adaptación (LEACC, 2015).

A finales de ese mismo año se crea la Comisión Interinstitucional para la Acción ante el Cambio Climático en el Estado de Jalisco con el propósito de establecer los mecanismos de concurrencia,

[17] Para mayor información, consulte http://www.ccpy.gob.mx/agenda-yucatan/juntas-intermunicipales/jibiopuuc.php

comunicación, coordinación, concertación y transversalidad para impulsar la política estatal de cambio climático y establecer grupos de trabajo como el GT de Adaptación. (Gobierno del Estado de Jalisco, 2015).

En 2016 se publicó el reglamento de la LEACC del estado de Jalisco y dio inicio la elaboración del Programa Estatal para la Acción ante el Cambio Climático (PEACC-Jalisco), mismo que se concretó en 2018.

Para la implementación de dicho programa se han destinado recursos económicos mediante la asignación de un fondo de 472.9 millones de pesos, etiquetado en un presupuesto transversal para 2017, y que en 2018 ascendió a 4,337.3 mdp (SEMADET, 2018).

El PEACC-Jalisco incluye 29 medidas y 61 acciones en torno del tema de la adaptación, mismas que se identificaron a partir del reconocimiento de los impactos potenciales a sectores prioritarios y de un diagnóstico de vulnerabilidad con información de clima observado y de escenarios de cambio climático (SEMADET, 2018).

En el contexto de la articulación con los gobiernos municipales se cuenta con una estrategia de comunicación de los efectos del cambio climático en la salud, dirigida principalmente a los 13 municipios más vulnerables del estado de Jalisco.

Acciones municipales en Jalisco

El estado de Jalisco y sus municipios han establecido mecanismos innovadores de generación y fortalecimiento de capacidades institucionales para la atención de los efectos del cambio climático, a partir de la consolidación de figuras asociativas como las juntas intermunicipales. Estas juntas son un espacio de interlocución y de toma de decisiones en las que participan presidentes municipales, funcionarios estatales y federales, representantes del ámbito académico y consejos ciudadanos para identificar problemas comunes desde una perspectiva de manejo integral del territorio. En la actualidad, el gobierno cuenta con 8 juntas intermunicipales de medio ambiente (**Figura 5.53**).

En el ámbito local, actualmente 73% de los municipios del estado de Jalisco han elaborado sus programas municipales y regionales de cambio climático, al tiempo que se han implementado 17 proyectos, entre los que destacan acciones de conservación y manejo de fuego (SEMADET, 2018).

Iniciativas de adaptación en Coahuila

El estado de Coahuila publicó su ley para la adaptación y la mitigación de los efectos del cambio climático en 2013. Ese mismo año se publicó el Plan Estatal de Cambio Climático de Coahuila (PECC-Coahuila), en el cual se identifican impactos del cambio climático

Figura 5.53. **Juntas municipales del medio ambiente, en Jalisco**

Fuente: Visualizador Geográfico con información de JIMA retomado de https://semadet.jalisco.gob.mx/gobernanza-ambiental/juntas-intermunicipales/visualizador-geografico-con-informacion-de-jima

relacionados con temperaturas extremas. En el PECC-Coahuila destaca el enfoque de adaptación basada en ecosistemas (AbE) en su plan de adaptación para ese periodo, mismo que incluye las siguientes estrategias (Gobierno de Coahuila, 2013):

- Identificar y proteger los refugios climáticos.
- Incrementar la conectividad de hábitats.
- Proteger los gradientes ambientales.
- Reducir otras amenazas que se puedan exacerbar con el cambio climático.
- La restauración de hábitats.

Dado que los incendios forestales se presentan de manera recurrente en el estado, se han implementado protocolos de atención mediante brigadas para la atención de contingencias.

Para el fomento de una cultura de cuidado del ambiente, en el estado de Coahuila se está llevando a cabo una iniciativa ciudadana denominada Reducción del Microimpacto Ambiental (REDMIA), la cual cuenta con el apoyo de 14 instituciones educativas y de la Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila (SEMA). Con esta iniciativa se intenta promover la concientización en torno del uso sostenible de los recursos no renovables.

Aprendizajes en la implementación de medidas de adaptación

México ha avanzado y consolidado aprendizajes y saberes en la implementación de medidas de adaptación.

De 2012 a 2018, el INECC, en coordinación con otras dependencias e instituciones, puso en marcha los proyectos piloto de adaptación al cambio climático: "Implementación piloto de cosecha de agua de lluvia en la comunidad El Gato en el municipio de Doctor Mora, Guanajuato, México, como medida de adaptación al cambio climático" (Proyecto El Gato) y "Adaptación en humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático" (Proyecto Humedales), los cuales se llevaron a cabo en cuatro estados del país (Guanajuato y Tabasco, Veracruz y Quintana Roo, respectivamente) con el objetivo de brindar herramientas, incrementar la capacidad adaptativa, desarrollar conocimientos y acumular experiencias prácticas en la ejecución de medidas locales, estatales y nacionales de adaptación al cambio climático en poblaciones vulnerables a este fenómeno.

Actualmente, el INECC es socio y entidad ejecutora a cargo de diseñar estrategias de planeación territorial en el marco del proyecto "Conservación de Cuencas Costeras en el Contexto de cambio Climático (Proyecto C6)" (INECC, 2017a), que si bien es un proyecto de mitigación, por la naturaleza del mismo es una iniciativa que genera fuertes sinergias en diferentes niveles de los procesos de adaptación que se están desarrollando en dos regiones del país: el Golfo de México, en los estados de Veracruz y Tabasco, y en el Golfo de California, en los estados de Jalisco, Nayarit y Sinaloa.

La adaptación al cambio climático es un proceso que presenta desafíos, aprendizajes y vivencias. Los tres proyectos que se describen en este apartado se diseñaron e implementaron desde ámbitos locales y están trazando rutas que habrá que seguir tanto nacional como institucionalmente.

Como principal resultado de estos proyectos, el gobierno de México aumentó la capacidad y el conocimiento necesarios para la implementación de medidas de adaptación que reforzaron el marco conceptual a partir de lecciones aprendidas que emanaron de la participación comunitaria.

El INECC y las dependencias que participaron en estas iniciativas adquirieron aprendizajes, capacidades y habilidades para el diseño, desarrollo e implementación de medidas de adaptación.

Las comunidades con las que se trabajó, dependientes directas de los servicios ambientales que brindan los bosques y los humedales, proporcionaron información fundamental sobre las formas de adaptación que vienen desarrollando desde hace años para enfrentar los desafíos climáticos, y participaron activa y entusiastamente en la identificación de la problemática ambiental de los lugares en donde habitan, así como en socializar diversas soluciones que utilizan para adaptarse al cambio climático (**Tabla 5.8**).

Los tres proyectos desarrollaron metodologías de reforestación, manejo forestal sustentable, captación de agua de lluvia, repoblamiento de corales, participación social con enfoque de género y creación y fortalecimiento de capacidades con las comunidades mediante la organización de más de 500 talleres de capacitación. Tales experiencias arrojaron conocimientos sólidos que permiten a diversas instituciones no partir de cero, ya que se cuenta con valiosas lecciones aprendidas.

Específicamente, en el Proyecto C6, el INECC desarrolló instrumentos de planeación con enfoque territorial basados en la oferta y demanda de servicios ambientales por medio de los Planes de Acción para Manejo Integrado de Cuencas (PAMIC). A partir de la construcción de una visión común entre los actores presentes en la cuenca, estos instrumentos intentan focalizar los esfuerzos en el territorio con base en la funcionalidad de las cuencas y la provisión de servicios hidrológicos con el fin de orientar, alinear y hacer eficientes los programas locales, municipales, estatales y federales.

Los tres proyectos permitieron constatar la importancia y pertinencia de adoptar estrategias de adaptación basada en ecosistemas para reducir la vulnerabilidad al cambio climático mediante la restauración, conservación y manejo sustentable de los humedales y a partir de la incorporación del manejo forestal sustentable para preservar las masas forestales, favorecer la conectividad ecosistémica, evitar las emisiones de CO_2 y funcionar como sumideros de carbono.

El trabajo de vinculación y concertación interinstitucional al interior del sector ambiental y con actores clave —dependencias gubernamentales, municipios, instituciones académicas, centros de investigación, organizaciones no gubernamentales y el sector privado— ha sido un camino fundamental para asegurar la réplica de los proyectos y para garantizar su seguimiento y sustentabilidad.

Asimismo, estos proyectos promovieron, con la implementación de las medidas de adaptación, la confluencia de instituciones federales, estatales y municipales y desarrollaron ejercicios de coordinación, lo cual permitió fortalecer el impacto de los mismos, recuperar credibilidad en el trabajo gubernamental y robustecer la presencia de las organizaciones no gubernamentales en el territorio.

El gran desafío es integrar la adaptación y las medidas desarrolladas en las políticas y los programas estatales y municipales y en la asignación presupuestal, y trascender las administraciones sexenales.

Hoy, las comunidades valoran significativamente la importancia que tiene participar en este tipo de proyectos, no solo por el beneficio de tener agua, baños secos, estufas ahorradoras, manantiales sanos, bosques manejados de manera sustentable, por haber recibido una paga por reforestar, por aprender nuevas técnicas y habilidades, sino por la posibilidad de generar nuevos espacios de convivencia social y ser parte activa en la toma de decisiones en sus comunidades. Su participación en los proyectos les permitió reflexionar y cambiar su forma de ver la realidad, adquirir nuevos conocimientos, habilidades y formas para consolidar la organización comunitaria. Su involucramiento en todas estas acciones permite que actualmente se sientan con más fortalezas y confianza para enfrentar los desafíos de la vida cotidiana y del cambio climático.

El incremento de la capacidad adaptativa de las comunidades se refleja en que tienen una mejor relación con los recursos naturales, en que adquirieron prácticas más saludables con su persona y con los ecosistemas, en la apropiación y reflexión desarrollada con respecto al cambio climático, en el surgimiento de nuevas formas de organización social (comités de emergencia, de cuencas, de mantenimiento de las medidas, etc.) y en el desarrollo de fortalezas en materia de gestión sustentable de los recursos y conocimiento social para enfrentar el cambio climático.

Se confirmó la necesidad de incorporar salvaguardas sociales y ambientales desde el inicio de los proyectos, así como de trabajar el enfoque de género para implementar proyectos incluyentes, generar nuevos liderazgos comunitarios, promover cambios en la distribución de poderes y empoderar a mujeres y hombres, y también para entender cómo se da el acceso y control de los recursos, los tipos de vulnerabilidades que padecen y las necesidades e intereses diferenciados que se encuentran presentes en el seno de las comunidades.

Cada una de estas iniciativas está detonando el desarrollo comunitario, apoyando la reconstitución del tejido social, mejorando la calidad de vida, promoviendo la formación de redes y coaliciones de organizaciones de la sociedad civil y generando cambios en la mentalidad intergeneracional de los habitantes de las comunidades, todo lo cual se refleja en la incorporación de nuevos hábitos y en la recuperación y revaloración de algunas prácticas tradicionales.

Finalmente, es importante desatacar que México cuenta actualmente con conocimientos prácticos sobre implementación de acciones de adaptación, las cuales retoman el conocimiento tradicional y científico que, junto con las estrategias y metodologías desarrolladas por estos tres proyectos, forman parte de una plataforma de experiencias exitosas que serán el andamiaje fundamental para la construcción del Plan Nacional de Adaptación, en el cual el Gobierno de México se encuentra trabajando actualmente.

El Proyecto de Implementación Piloto de Cosecha de Agua de Lluvia en la Comunidad de El Gato, en el municipio de Doctor Mora, Guanajuato, que fue reportado en la *Quinta Comunicación Nacional* de México en el 2012, ha sido replicado con la instalación de 1,178 sistemas de captación de agua de lluvia en otras comunidades del estado. Con esto se amplió la red de captación de agua de lluvia, la cual inició con poco más de 50 sistemas. Este crecimiento lo implementaron el gobierno del estado, la Universidad de Guanajuato, el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato y la población de dicha entidad. Lo anterior resalta la importancia de la apropiación de las medidas (**Figura 5.54**).

Figura 5.54. **Proyecto Piloto de Cosecha de Agua de Lluvia en la Comunidad de El Gato**

Uno de los mayores retos en el tema de planeación territorial es implementar instrumentos que incorporen la dinámica de las cuencas hidrográficas en un contexto de cambio climático. Como respuesta a esta necesidad se diseñaron los Planes de Acción para el Manejo de Cuencas (PAMIC) (disponibles en: http://pamic.inecc.gob.mx), cuyo objetivo es promover la conectividad funcional del territorio para focalizar programas de conservación de zonas con alta oferta de servicios ambientales hidrológicos. El instrumento tiene tres componentes: analítico, relacional y participativo. El primero corresponde a la modelación de las zonas prioritarias de oferta de Servicios Ambientales Hidrológicos (SAH) tras considerar proyecciones de cambio climático. El componente relacional identifica los usos y volúmenes de agua concesionados y determina la relación hidrográfica entre las zonas de oferta y de demanda de SAH. El componente participativo recupera el conocimiento comunitario y tradicional, las capacidades comunitarias e institucionales para implementar acciones enfocadas a la conservación del capital natural, y la adecuación de prácticas productivas. Actualmente se usa para identificar las mejores zonas de pago por servicios ambientales de CONAFOR, en la implementación de acciones de conservación de la CONANP y de diversos proyectos con enfoque ambiental operados por fondos regionales (**Figura 5.55**).

Figura 5.55. **Conservación de Cuencas Costeras en el Contexto de Cambio Climático (C6)**

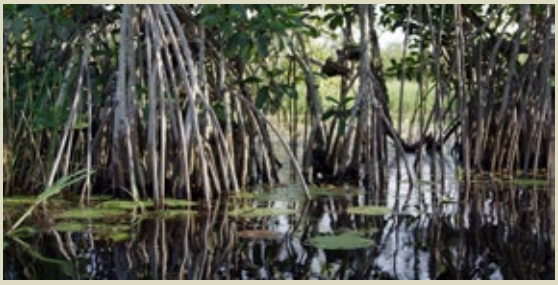
Cuadro 5.1. Adaptación de humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático

Fue una iniciativa de cooperación internacional que coordinaron el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Esta iniciativa operó con recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), que implementó el Banco Mundial.
Asimismo, fueron socios del mismo la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Con base en una evaluación exhaustiva se determinaron tres sitios de trabajo:

- Río Papaloapan-Laguna de Alvarado, estado de Veracruz.
- Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona, estado de Tabasco.
- Humedal de Punta Allen en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, estado de Quintana Roo.

Su objetivo fue diseñar e implementar diversas acciones de adaptación enfocadas a disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático de las poblaciones que viven y dependen de los humedales.



Se procuró un enfoque integral y sistémico, fundamental para la adaptación al cambio climático, donde se favorecieron acciones de adaptación basada en ecosistemas (AbE), pero considerando otros enfoques de adaptación y sus sinergias. Las medidas implementadas contribuyeron a aumentar la resiliencia de los humedales y ayudaron a las comunidades humanas a adaptarse a los impactos adversos del cambio climático.
Adicionalmente, el proyecto tuvo un fuerte componente de Adaptación basada en Comunidades (AbC) mediante el cual se promovió el protagonismo de las comunidades, el fortalecimiento de los liderazgos comunitarios, la apropiación de las medidas de adaptación, la toma de decisiones y la formación de redes solidarias. El resultado de todos estos cambios en el interior de las comunidades originó el lema del proyecto: "Comunidades en acción adaptándose al cambio climático".
Igualmente se promovieron la gestión sostenible y la conservación de ecosistemas con el objetivo de contribuir a un desarrollo sostenible, así como la instalación de infraestructura para reducir el riesgo de desastres por medio de la Adaptación basada en la Reducción de Riesgos de Desastres (AbRRD).
En los tres sitios de trabajo se llevaron a cabo más de 60 reuniones y talleres enfocados a: diagnóstico de la problemática asociada a cambio climático, propuesta y validación de las medidas de adaptación, de capacitación, de sensibilización, de fortalecimiento de capacidades, de difusión de resultados, de evaluación de la participación. A estas actividades asistieron alrededor de 1,850 personas (funcionarios de los tres órdenes de gobierno, académicos, representantes comunitarios, etcétera).

Las medidas implementadas en los sitios de trabajo se agrupan, dentro de los enfoques de adaptación, de la siguiente manera:

Implementación de un sistema de captación y purificación de agua de lluvia con capacidad de 150 m^3 en una escuela primaria, operado por una empresa comunitaria.

Fortalecimiento de capacidades comunitarias mediante actividades de capacitación, sensibilización, de organización social y de aprendizaje de nuevas capacidades.

Desarrollo de talleres comunitarios para el diagnóstico de la vulnerabilidad y el diseño de medidas de adaptación.

Consideración del enfoque de género en todas las etapas del proyecto.

Reforestación de 50 ha de manglar, 10 ha de vegetación riparia, y plantas y árboles locales.

Restablecimiento del flujo hídrico en 6 km de canales obstruidos al interior del manglar.

Rehabilitación del flujo hídrico en 100 ha de zona de manglar degradado.

Repoblamiento con corales resistentes a altas temperatura en 3,500 m^2 del arrecife.

Aprobación de una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre con miras al aprovechamiento sustentable del manglar.
Construcción de cuatro palafitos comunitarios para el resguardo de bienes en caso de inundaciones.
Instalación de equipos mareográficos, meteorológicos y oceanográficos para el fortalecimiento del monitoreo ambiental.
Instalación de equipo de radiocomunicaciones en comunidades para envío y recepción de alertas climáticas.
Propuesta metodológica para incluir el enfoque de cambio climático en el ordenamiento ecológico territorial.
Diseño de planes de emergencia comunitarios para reducir el riesgo por inundaciones.
Las medidas de adaptación del proyecto cumplen con las siguientes características:

- Alto impacto y bajo costo.
- Estarán alineadas con los programas y políticas de cambio climático federales y estatales.
- Serán demostrativas y replicables en otras comunidades con condiciones similares.

Para saber más consulte: https://www.gob.mx/INECC/videos/adaptacion-en-humedales-costeros-a-nuevos-tiempos-nuevas-acciones

Tabla 5.8. Cuadro comparativo de tres proyectos de adaptación implementados por el INECC en coordinación con otras dependencias e instituciones, de 2012 a 2018

Proyecto: Implementación piloto de cosecha de agua de lluvia en la comunidad El Gato, en Dr. Mora, Guanajuato, México					
Enfoque y componentes del proyecto	**Escenarios de cambio climático**	**Número de medidas de adaptación implementadas y principales temáticas**	**Características de las medidas implementadas**	**Impacto del proyecto**	**Participación social con enfoque de género**
(AbC) Cosecha de agua de lluvia en casas y en establos de la comunidad. Instalación de una estación meteorológica automática.	Se considera el diagnóstico climatológico y la prospectiva de vulnerabilidad al cambio climático del estado de Guanajuato.[1]	(1) Instalación de 52 sistemas de captación de agua de lluvia. Construcción de techos para captación de agua de lluvia en la plaza central de la comunidad y en la escuela primaria.	Alto impacto y bajo costo. Alineadas con los programas y políticas federales y estatales de cambio climático. Demostrativa y replicable en otras comunidades con características similares. Apropiación social de la medida. Apropiación de la medida por autoridades municipales y estatales. Apropiación del proyecto por parte del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, lo cual permitió su réplica con la instalación de 1,178 sistemas de captación de agua de lluvia en otras comunidades del estado, así como una red de captación de agua de lluvia.	Apropiación del proyecto por parte de la comunidad, surgimiento de nuevos liderazgos y fortalecimiento de capacidades. Las instituciones que participaron en el proyecto aprendieron a trabajar juntas y a potenciar medidas en campo. Grandes beneficios económicos para la población al dejar de comprar pipas de agua. Disminuyó el impacto sobre el acuífero.	Las mujeres de la comunidad se organizaron por su cuenta movidas por la necesidad de acceder al recurso agua. Estrategia de difusión y comunicación. Un video de sensibilización.

Proyecto: Conservación de cuencas costeras en el contexto de cambio climático (C6)					
Enfoque y componentes del proyecto	**Escenarios de cambio climático**	**Número de medidas de adaptación implementadas y principales temáticas**	**Características de las medidas implementadas**	**Impacto del proyecto**	**Participación social con enfoque de género**
(AbE, AbC, AbRRD) Creación y consolidación de áreas naturales protegidas (ANP). Promoción de la sustentabilidad de las cuencas. Habilitar el manejo adaptativo mediante el fortalecimiento de las capacidades de monitoreo. Desarrollo de planes de acción para el manejo integrado de cuencas y de acciones de monitoreo. Mecanismos innovadores para la colaboración interinstitucional y promoción de la participación social.	Se incorporaron los escenarios en el diseño de los PAMIC de los modelos MPI, HADGEM, GFDL, RCP 8.5 al horizonte 2075-2099: Los escenarios se tomaron como criterio para la priorización territorial de la cuenca con el fin de focalizar las intervenciones, efectuar la caracterización climática de la cuenca, y realizar la descripción de escenarios de cambios potenciales en la distribución de la vegetación natural de la cuenca.	(27) En el Golfo de México (2) En el Golfo de California Manejo forestal sustentable. Restauración hidrológica ambiental en microcuencas. Estufas ahorradoras. Módulos de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), manejo silvopastoril, generación de corredores riparios. Establecimiento de cercas vivas. Restauración de suelos y agua. Cafeticultura sustentable. Meliponicultura para la conservación. Instalación de viveros de especies amenazadas y creación de redes de viveros con bancos de semillas. Módulos agroecológicos. Biodigestores y baños secos. Reforestación. Ganadería sustentable y restauración de selvas. Talleres de intercambio de experiencias y de sensibilización con enfoque de género: de educación ambiental y monitoreo, de salud, de elaboración de artesanías.	Alto impacto y bajo costo. Alineadas con los programas y políticas federales y estatales de cambio climático. Iniciativas que inciden de manera real en la economía de las familias rurales; cambios concretos en los patrones del uso del suelo en las cuencas y fomento al diálogo entre los tomadores de decisiones y los habitantes y actores de la cuenca.	Formación de la Coalición de Organizaciones de la Biorregión del Jamapa y Antigua (COBIJA) para construir una agenda común y lograr incidencia en política pública. Esquemas novedosos de vinculación interinstitucional entre socios del proyecto. Planes de acción de manejo integrado de cuencas (PACMIC) como instrumentos de planeación territorial construidos por diversos actores, con un fuerte componente participativo y, con base en información técnica científica. Adopción del enfoque y del método de los PAMIC como criterio de prelación en las reglas de operación de la CONAFOR para el pago por servicios ambientales (2018). Consolidación de la organización comunitaria en torno al uso y conservación adecuados de los recursos naturales. Puesta en marcha de un proceso de aprendizaje social y de recuperación de la identidad de los habitantes de la cuenca mediante la creación de espacios y foros para el intercambio de experiencias y la convivencia comunitaria.	Diagnóstico socioambiental con enfoque de género. Indicadores de género e información estadística desagregada por sexo. Seguimiento y cumplimiento de las salvaguardas sociales y ambientales del Banco Mundial. Programas de capacitación para promover la participación de las mujeres en el manejo sustentable, y reforzamiento de liderazgos comunitarios con perspectiva de género. Desarrollo de una línea base de percepciones de género para medir la incorporación de la perspectiva de género en los subproyectos de 2015-2018. Construcción de indicadores de género. Construcción de redes, fortalecimiento de organizaciones de la sociedad civil, y apoyo a la formación de coaliciones de organizaciones que trabajan en el territorio (COBIJA). Estrategia de difusión y comunicación. Páginas Web y en Facebook, historietas, cápsulas de radio, manuales de buenas prácticas, calendarios, maquetas, videos, plataforma web dinámica y actualizable para la difusión de los PAMIC.

Proyecto: Adaptación de humedales costeros del Golfo de México a los impactos del cambio climático					
Enfoque y componentes del proyecto	**Escenarios de cambio climático**	**Número de medidas de adaptación implementadas y principales temáticas**	**Características de las medidas implementadas**	**Impacto del proyecto**	**Participación social con enfoque de género**
(AbE, AbC, AbRRD) Diseño de medidas de adaptación y coordinación técnica. Implementación de medidas de adaptación piloto en humedales altamente vulnerables al cambio climático. Evaluación de los impactos del cambio climático sobre la planificación del recurso del agua a nivel nacional y en los humedales costeros, incluyendo la identificación de opciones potenciales de respuesta.	Se usaron los escenarios reportados por el INE en 2009[2] para la selección y caracterización de los sitios piloto. A partir de 2015 se utilizaron los escenarios generados a partir de tres modelos de circulación general: GFDL-CM3, HADGEM2-ES Y MPI-ESM-LR, derivados de un estudio realizado por el INECC.[3]	(20) Reforestación de manglar y vegetación riparia. Repoblamiento del arrecife de coral. Desazolve de canales para restaurar el flujo hídrico. Tres estaciones meteorológicas y mareográficas. Una unidad de manejo para conservación de la vida silvestre con miras al aprovechamiento sustentable del manglar. Ordenamiento ecológico territorial (OET) con enfoque de cambio climático. Cuatro palafitos equipados con ecotecnias para resguardo de bienes durante inundaciones. Tres equipos de radiocomunicación para alertas climáticas y sanitarias. Sistema de captación y purificación de agua de lluvia en una escuela primaria. Dos planes de emergencia para reducir el riesgo por inundaciones. Equipos de medición de parámetros oceanográficos. Talleres comunitarios de fortalecimiento de capacidades, diagnóstico de vulnerabilidad y realización de reuniones de vinculación con organizaciones locales de la sociedad civil, académicos e instituciones.	Alto impacto y bajo costo. Alineadas con los programas y políticas federales y estatales de cambio climático. Integrales, demostrativas y replicables en otras comunidades con características similares. Claro vínculo entre adaptación y mitigación. Participación social con enfoque de género.	Participación de las comunidades en todas las fases del proyecto, y apropiación y mantenimiento de las medidas de adaptación e incorporación del lenguaje de cambio climático como parte de su vida cotidiana. Restablecimiento de la confianza social en los procesos participativos de cambio, nuevos liderazgos y formas de organización (cooperativas y redes) e incremento de la capacidad adaptativa de las comunidades. Cambios notorios en la conducta y hábitos de las comunidades en su vínculo con los recursos naturales y en la adquisición de compromisos. Desarrollo de habilidades y capacidades de gestión, administrativas, de reducción del riesgo de desastres, y de comunicación y difusión en las comunidades.	Se detonaron procesos de participación social efectiva para promover la igualdad entre mujeres y hombres en la toma de decisiones y en el acceso a los beneficios que son el producto de la implementación de las medidas de adaptación. Se promovió el empoderamiento de las mujeres y el surgimiento de nuevos liderazgos. Diagnósticos ambientales participativos, de vulnerabilidad social y de planeación con enfoque de género. Desarrollo de una línea base a partir de la aplicación de encuestas al inicio y al cierre del proyecto. Evaluaciones participativas de cada una de las medidas implementadas con enfoque de género. Políticas de salvaguardas sociales y ambientales del Banco Mundial. Talleres, asambleas, capacitaciones (más de 70). Construcción de redes (mangleros) con comunidades que habitan el mismo territorio y realizan actividades similares Estrategia de difusión y comunicación Videos (de sensibilización y de resultados), folletos, carteles, promocionales de difusión del proyecto, manuales para uso de las medidas de adaptación, exposición fotográfica y, murales realizados por las comunidades.

1. IEE-CCAUG-INE-SEMARNAT (2010). Diagnóstico Climatológico y Prospectiva sobre Vulnerabilidad al Cambio Climático en el Estado de Guanajuato. http://ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/cambio-climatico/185/Publicaciones-sobre-cambio-clim%C3%A1tico

2. J. Buenfil (2009). *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*. Volumen II. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología.

3. A. Fernández-Eguiarte *et al.* (2015). *Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impacto, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica*. México: Centro de Ciencias de la Atmósfera/Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas/

Fuente: elaborada con datos de INECC-PNUD , 2018e.

Testimonios y percepción de actores clave acerca de los proyectos de adaptación en los que participaron

a) Percepción del cambio climático

"Antes eran otros tiempos, antes llovía mucho; ahora hace más calor; antes no se daba bien el maíz, ahora sí": Celso Galicia Ruiz, La Toma, Perote, Veracruz, Proyecto C6.

"Los cambios en el clima han hecho que la gente abandone el campo, se vayan de albañiles y, como consecuencia, se pierden los saberes locales. Es importante dar a conocer los beneficios que estos cambios del clima nos traen; por ejemplo, antes había más nubes, ahora entra el sol; esto facilita a las cosechas y la semilla se seca más rápido": Paul Barber, Colonia Úrsulo Galván, Xico, Veracruz, Proyecto C6.

b) Percepción de los proyectos

"La cosecha de agua nos ha salvado la vida. El proyecto mejoró la organización y convivencia de la comunidad; aprendimos a valorar nuevas y diferentes formas de pensar": Ma. Rebeca González Rico, Comunidad Presa El Gato, Guanajuato, Proyecto El Gato.

"Este proyecto ha sido muy importante, ya que ha cambiado el comportamiento de la gente ante su entorno; lo ven de diferente manera, lo cuidan. Para mí es muy importante que participe toda la comunidad, ya que ellos son los agentes de cambio para reinvertir el proceso de deterioro ambiental. Son los guardianes": Juan De Dios Bermúdez Rodríguez, comunidad La Toma, El Perote, Veracruz, Proyecto C6.

c) Percepción de género

"Participar en el Proyecto Humedales fue una experiencia que nunca pensé vivir: trabajar para la comunidad y aprender que, como mujeres, somos capaces de hacer de todo y podemos pensar igual que cualquier hombre": Carolina Gutiérrez Domínguez, ranchería El Mingo, Cárdenas, Tabasco, Proyecto Humedales.

"Lo importante en todo el tema de la participación comunitaria y de la adaptación es la inclusión de las mujeres. Los hombres, por su propia naturaleza, son los más reticentes a creer en este tipo de proyectos. Las mujeres de El Gato inmediatamente identificaron el beneficio que les podía traer esta medida y se organizaron": Mtro. Marcos Irineo Esquivel Longoria, Universidad de Guanajuato, Proyecto El Gato.

Lecciones aprendidas

a) Medidas de adaptación

- La adaptación debe ser vista como un proceso más que como un momento.
- Las medidas de adaptación deben de estar enfocadas a la disminución de la vulnerabilidad identificada en conjunto con los expertos, la sociedad y los actores clave.
- No pueden ser exclusivamente técnicas; tienen que tener un fuerte contenido social para garantizar la apropiación de las mismas y su réplica.
- En los procesos de adaptación es fundamental trabajar en el fortalecimiento organizativo de las comunidades y desarrollar estrategias específicas para la inclusión activa de las mujeres.
- Son un camino de doble vía en el que instituciones y comunidades aprenden de la ejecución de las mismas.
- Las medidas tienen que diseñarse tomando en cuenta diferentes contextos de implementación: nacional, regional y local.
- Para asegurar el cumplimiento de metas y la continuidad de los proyectos en el tiempo se deben generar capacidades en instituciones y comunidades, fortalecer la organización social y promover una gobernanza ágil en el territorio.
- Para potenciar el impacto y asegurar la sostenibilidad de las medidas es fundamental generar sinergia con otros programas, medidas gubernamentales y/o proyectos de cooperación internacional que se estén implementando en el territorio.
- Deben brindar opciones económicas en el corto plazo, responder a la vocación ambiental y económica del lugar, y atender a las necesidades de las comunidades.
- Deben ser sostenibles en el tiempo, de baja inversión, con tecnologías sencillas y fáciles de operar, aceptadas culturalmente por los usuarios, replicables en otras comunidades, que promuevan un sólido aprendizaje social, generen nuevas habilidades e incrementen las capacidades adaptativas locales.
- Es prioritario identificar, retomar y aprender de los mensajes que emiten las comunidades sobre los cambios que estén viviendo por el cambio climático e incorporar estas problemáticas en programas y políticas públicas.
- Aprovechar las fortalezas y los presupuestos de las entidades socias de los proyectos con el fin de atender y dar soluciones de manera integral a los problemas que viven las comunidades (servicios públicos intermitentes, contaminación de lagunas y ríos).
- Se debe propiciar la replicabilidad de las medidas por medio de la participación social efectiva, el monitoreo y la evaluación participativa.
- Las medidas piloto, por ser demostrativas, permiten mostrar resultados que motivan a otros a replicarlas.
- Establecer con las entidades socias de los proyectos una plataforma común de conocimientos, definiciones y acuerdos

Lecciones aprendidas. (Continuación)

sobre los alcances, impactos y beneficios de implementar medidas de adaptación, potencia el impacto de los proyectos y agiliza la resolución de los problemas que se presentan.

b) Implementación de las medidas

- La implementación de las medidas y el trabajo en campo deben servir para reconstruir el tejido y la confianza social.
- Con objetivos comunes y pocos recursos pueden lograrse grandes beneficios colectivos.
- Las entidades ejecutoras deben contemplar recursos para dar seguimiento a las medidas una vez que concluyan los proyectos.
- Las medidas de adaptación deben fungir como motor de coordinación de programas gubernamentales y del involucramiento de las autoridades para resolver las demandas sociales por el acceso a los servicios básicos.
- Las medidas de adaptación tienen que dejar soluciones más que problemas a las comunidades debido a la falta de recursos que estas presentan, sobre todo para dar sostenibilidad a las medidas.
- Es un proceso que tiene que estar acompañado de información, comunicación y consulta permanente con todos los actores involucrados, además de que requiere de un meticuloso y constante seguimiento y monitoreo en campo.
- Elaborar siempre un diagnóstico actual y otro de cierre sirve de base para poder constatar y evaluar los cambios generados por las medidas.
- Retomar el esquema de los fondos regionales del C6 que permita que los recursos fluyan sin pasar por intermediarios.
- Una coordinación interinstitucional eficiente permite a los funcionarios aprender a trabajar de forma complementaria y con un mismo objetivo, así como transparentar el uso de los recursos.
- Implementar medidas de adaptación con un enfoque transformacional y de adaptación basado en ecosistemas permite avanzar hacia un modelo de desarrollo más sustentable y generar cambios sustantivos en la población.
- Los programas de cambio climático implementados en los estados deben recuperar y dar seguimiento a estos proyectos mediante su institucionalización en programas gubernamentales.
- Dependiendo del tipo de intervención, se requiere contar con equipos multidisciplinarios (especialistas en participación social con enfoque de género, biólogos, ingenieros, etcétera).
- Cuando se implementan proyectos de captación de agua de lluvia es fundamental incluir la potabilización y purificación del agua captada a fin de no limitar el uso del sistema y del recurso para consumo humano.
- Tener en cuenta que las medidas de AbE y de manejo forestal sustentable no logran generar bienestar en las comunidades de manera inmediata, sino que es un proceso largo durante el cual el monitoreo y el seguimiento son la clave para que las acciones perduren en el tiempo.

c) Participación social

- La participación social y el enfoque de género no son anexos a cumplir en los proyectos, sino que tienen que estar incorporados desde el inicio de los mismos.
- Las comunidades tienen que estar involucradas en todo el proceso de adaptación con base en herramientas y metodologías participativas.
- Es fundamental fomentar la conformación de redes entre las comunidades y las organizaciones sociales participantes para facilitar la sostenibilidad y réplica de los proyectos y fortalecer la organización comunitaria.
- Las estrategias de participación social deben enfocarse en fortalecer el tejido y la confianza social.
- Restituir la confianza social debe ser el punto de partida para generar cambios en la apatía social y la desconfianza que muchas de ellas tienen en las instituciones.
- El compromiso de una organización social con la participación e involucramiento de las comunidades se constata con la forma en que se transfieren y comunican los conocimientos.
- El trabajo comunitario es un proceso de aprendizaje constante y el involucramiento y la participación de las comunidades tienen altas y bajas.
- El fortalecimiento de capacidades y de organización comunitaria y el acompañamiento a las comunidades es un proceso que debe ser permanente.
- Los talleres realizados con las comunidades permitieron constatar que son una herramienta idónea para generar conocimientos y habilidades, retomar el conocimiento tradicional y las percepciones que tienen sobre el cambio climático y las acciones que llevan a cabo para adaptarse a sus impactos.
- Utilizar el método de "aprender haciendo" facilita la adquisición de nuevas habilidades, el aprendizaje social, el empoderamiento de las comunidades, la construcción colectiva de conocimientos y la apropiación de las medidas.
- Se construyeron procesos sociales de adaptación al cambio climático más allá de los subsidios, dádivas y compensaciones gubernamentales.
- Las comunidades se organizan ante la posibilidad de resolver una necesidad básica (falta de agua) y esto pone en funcionamiento procesos de organización comunitaria.
- La participación social trascendió la consulta formal de las comunidades al generar procesos de empoderamiento y toma de decisiones. Su involucramiento fue más allá del pago de jornales que recibieron por los trabajos realizados.

Fortalecimiento de capacidades

México ha tenido un gran avance en el fortalecimiento de capacidades para la adaptación al cambio climático entre las instituciones de los diferentes órdenes de gobierno, el sector privado, la academia, la sociedad civil y las comunidades locales. Esto ha generado una visión común, y favorecido la transversalización del tema y la corresponsabilidad ante los impactos del cambio climático.

La adaptación al cambio climático es una construcción social y, como tal, requiere apoyarse fuertemente en el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades individuales y colectivas. El desarrollo de capacidades es el proceso mediante el cual los individuos, grupos, organizaciones, instituciones y sociedades

incrementan sus habilidades para realizar funciones esenciales, resolver problemas, definir y lograr objetivos, y entender y responder a sus necesidades de desarrollo en un contexto amplio y de manera sostenible (PNUD, 1997). En el contexto del cambio climático, esa capacidad depende tanto de los recursos que estén presentes como de la disponibilidad y posibilidad de transformarlos en acciones para la adaptación. Existen diversas actividades para el desarrollo y fortalecimiento de capacidades, las más comunes son los talleres, los cursos y capacitaciones (presenciales o a distancia), la difusión de los documentos metodológicos e informativos, y los procesos participativos (PNUD, 1997).

Desde la *Quinta Comunicación* a la CMNUCC, en México se han llevado a cabo acciones para fortalecer capacidades en materia de adaptación al cambio climático en los ámbitos internacional, nacional y regional, las cuales han estado centradas en la difusión de la información, la sensibilización, el aprendizaje y la promoción de procesos participativos. Entre ellas destacan la consolidación de la Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático en el INECC y el trabajo de sensibilización acerca del tema por parte de funcionarios públicos de los tres órdenes de gobierno y población en general, por medio de foros, talleres, cursos y difusión de información, así como por la identificación de iniciativas, esfuerzos y posibles cooperaciones (acuerdos, alianzas, convenios de colaboración, etcétera).

Acciones destacadas

Contexto nacional

En agosto de 2013 se realizó el Taller para la Colaboración en Estudios de Vulnerabilidad y Adaptación en México, con el objetivo de fortalecer las capacidades de los investigadores y técnicos del INECC para establecer estrategias de investigación climática y ambiental y redefinir las metas institucionales con la finalidad de que incorporen las evidencias científicas sobre vulnerabilidad, adaptación, impactos y escenarios de cambio climático.

En 2016 se llevó a cabo el Taller de Modelación Climática Regional,[18] con el cual se fortaleció técnicamente a jóvenes estudiantes de diversas instituciones académicas del país y a funcionarios públicos (del INECC, el IMTA y la SEMARNAT). Acciones como estas han permitido construir un marco teórico-conceptual en aspectos de modelación climática, mismo que se ha difundido a través de conferencias y talleres dirigidos a la academia, al gobierno y a la sociedad civil.

El Senado de la República, mediante la intervención de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, fue sede de dos foros nacionales de adaptación al cambio climático, los cuales hicieron posible el diálogo entre diversos actores para compartir visiones dirigidas a promover procesos sociales de adaptación ante el cambio climático y plantearse nuevos retos para construir sinergias entre mitigación y adaptación, integrar la perspectiva de género y considerar las evidencias de la mejor forma de conocimiento (científico y/o tradicional-comunitario).

En el Primer Foro Nacional de Adaptación, realizado en 2016, se identificaron retos y oportunidades respecto de la adaptación con la finalidad de orientarla hacia la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas frente a los efectos adversos del cambio climático. Se presentaron experiencias, lecciones aprendidas y algunas de las herramientas utilizadas en el diseño, instrumentación y evaluación de las acciones y estrategias de adaptación que se han desarrollado desde distintos ámbitos y territorios (Memorias del Foro, 2018). En el foro se contó con la asistencia de 125 ponentes y 446 asistentes, entre los que se encontraban funcionarios federales, estatales y municipales, representantes del sector privado y de las comunidades, investigadores, profesores y estudiantes, legisladores, medios de comunicación y público en general, quienes tratarían de variados temas: desde los avances en la modelación y construcción de escenarios hasta el rol que juegan las mujeres en la adaptación al cambio climático.

En el Segundo Foro Nacional de Adaptación, realizado en 2018, se planteó la necesidad de analizar los avances y los retos de la implementación del componente de adaptación en los CND comprometidos por México, así como de fomentar el intercambio de ideas y experiencias entre actores clave para siete sectores estratégicos —agua, ecosiste-

[18] Para mayor información, consúltese: https://www.gob.mx/inecc/videos/webinar-taller-de-modelacion-climatica-regional

mas y biodiversidad, seguridad alimentaria, zonas urbanas, género y participación comunitaria, sector privado, y financiamiento— con la finalidad de tener elementos para el diseño y construcción del NAP (http://adaptacioncambioclimatico.mx/).

Asimismo, se llevaron a cabo tres encuentros nacionales de respuestas ante el cambio climático con el objetivo de difundir el tema del cambio climático y socializar en torno del mismo con el público en general. En el primer encuentro, Calidad del Aire, Mitigación y Adaptación, realizado en 2016, se presentaron acciones de respuesta al cambio climático, tanto en el contexto nacional como en el internacional, una vez considerados los compromisos adquiridos por México ante la CMNUCC y el Acuerdo de París (https://www.gob.mx/inecc/documentos/ponencias-encuentro-nacional-de-respuestas-al-cambio-climatico-calidad-del-aire-mitigacion-y-adaptacion).

Durante el tratamiento de la adaptación se tuvo la participación de 193 personas, las cuales asistieron a 19 ponencias y dos talleres de trabajo. En total acudieron representantes de 50 instancias: 15 de instituciones académicas y centros de investigación, 20 de secretarías, tres de órganos internacionales y doce de organizaciones no gubernamentales.

El segundo encuentro, Innovación en Ciencia y Tecnología, realizado en 2017, tuvo como objetivo generar —por medio de conferencias magistrales, mesas redondas y pabellones informativos— un espacio para la reflexión y el intercambio de experiencias, conocimientos, proyectos e ideas en materia de cambio climático, así como fomentar un diálogo abierto sobre el potencial de México en estos temas y los instrumentos de política pública con que cuenta el país para alcanzar sus objetivos (http://encuentronacionaldecambioclimatico2017.inecc.gob.mx/). Durante el desarrollo de la innovación se tuvo una participación de 212 personas: 65 representantes de Instituciones académicas y centros de investigación, 102 de secretarías, 40 de organizaciones de la sociedad civil, uno del sector privado y cuatro del público en general.

Del 17 al 20 de septiembre de 2018, se llevó a cabo el tercer encuentro nacional "México ante el cambio climático", que tuvo como objetivo ser un espacio para tender puentes entre los diversos sectores de la sociedad y construir un diálogo sobre la situación actual, acciones y retos de México plasmados en la *Sexta Comunicación Nacional*. El evento tuvo una participación de 1,138 personas presentes en el recinto sede: 111 representantes de instituciones académicas y centros de investigación, 477 del sector público federal, 108 de los sectores estatal y municipal, 37 de organizaciones de la sociedad civil, 71 del sector privado, 69 de organismos internacionales, 37 de medios de comunicación, 168 estudiantes y 60 del público en general.

También en 2017 se llevó a cabo el "Encuentro de paleoclimatología en México" (avances, retos y perspectivas),[19] al que asistieron 70 investigadores y expertos de diversas universidades del país, para analizar los avances y el desarrollo de la paleoclimatología (Pleistoceno-Holoceno) en México, así como reconocer sus retos y perspectivas. En este encuentro se logró reunir, aproximadamente, a 80% de los especialistas paleoclimatólogos nacionales, por lo que se desarrolló un diálogo enriquecedor sobre las metodologías, técnicas y resultados de reconstrucciones climáticas del pasado en diversos sitios del país y se estrecharon lazos institucionales que pueden generar futuras oportunidades de colaboración (INECC-PNUD, 2017g).

El gobierno de México ha tomado la iniciativa de incluir, de manera transversal, el enfoque de género en las acciones de adaptación al cambio climático. El Seminario-Taller Integración del Enfoque de Género en la Contribución Nacional Prevista y Determinada (INDC) de México, y en el *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* (ANVCC), realizado en 2015, reunió a expertos en los temas de cambio climático y género para el intercambio de ideas y conocimientos, con lo que se generaron bases para las negociaciones de la COP 21; asimismo, se reflexionó en torno de las premisas, evidencias y variables que habrían de integrarse en la construcción del ANVCC para incluir el enfoque de género (Boletín de Prensa, INECC, 1 de octubre de 2015).

En el marco de la *Sexta Comunicación Nacional* ante la Convención Marco de la Naciones Unidas so-

[19] Para mayor información, consúltese: https://www.gob.mx/inecc/prensa/encuentro-de-paleoclimatologia-en-mexico-avances-retos-y-perspectivas?idiom=es

bre el Cambio Climático (CMNUCC), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), específicamente la coordinación general de adaptación al cambio climático (CGACC) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) convocó a personal académico, organizaciones de la sociedad civil, representantes de agencias de cooperación internacional, funcionarios gubernamentales y de los institutos de la mujer, federal y estatales, a participar en el "Foro en Materia de Género, Adaptación y Mitigación al Cambio Climático: Oportunidades, Lecciones Aprendidas y Desafíos",[20] que se llevó a cabo el 17 de mayo de 2018 en la Ciudad de México.

Los objetivos de este evento fueron: conocer y difundir los proyectos, investigaciones y publicaciones generados desde la academia, las organizaciones de la sociedad civil e instituciones de gobierno en México, de 2012 a 2018, en materia de género y cambio climático, e identificar áreas de oportunidad en este tema. En total asistieron 80 personas, de las cuales 31 fueron ponentes y/o comentaristas.

El foro se organizó en ponencias magistrales; en total fueron seis, dictadas por especialistas en materia de género y construcción de indicadores, participación social, energía, masculinidades y cambio climático; se trabajó también en cuatro mesas que atendieron los siguientes temas: *1)* adaptación y género: oportunidades y lecciones aprendidas en la ejecución de proyectos, en la cual se presentaron seis estudios de caso implementados en Tabasco, Veracruz, Chiapas y Yucatán; *2)* experiencias exitosas en mitigación con enfoque de género, mesa en la cual tres especialistas abordaron prácticas realizadas en este tema por REDD+, por el programa de energía sustentable de GIZ (cooperación alemana) y por la red Mujeres en Energía Renovable México (MERM); *3)* indicadores de género y cambio climático, que contó con la participación de cuatro expertas que informaron acerca de los avances, obstáculos y retos que se presentan en la construcción de indicadores. Las ponentes presentaron los trabajos que están llevando a cabo como académicas, consultoras y funcionarias públicas en el Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES) y la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), y *4)* participación social y cambio climático: empoderamiento de mujeres y hombres.

Contexto regional, estatal y local

En lo regional se han desarrollado diferentes acciones encaminadas al fortalecimiento de capacidades, ya mediante capacitación e impulso a la participación comunitaria, ya por medio de difusión y fortalecimiento de los instrumentos territoriales. A continuación se mencionan algunos de los más relevantes.

En 2013 se llevó a cabo el proyecto "Integración de información regional y conformación de una red de expertos sobre adaptación al cambio climático en el país" con el fin de fortalecer las capacidades nacionales en adaptación al cambio climático; en él se identificó e involucró a actores clave, así como los métodos para evaluar los posibles impactos climáticos, biofísicos y sociales en municipios particularmente vulnerables, lo que sirvió de base para proponer acciones prioritarias de adaptación en cada región. Se llevaron a cabo cuatro reuniones regionales: Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste; en cada una se intentó llegar a consensos sobre los métodos y herramientas que han de emplearse para la generación de escenarios climáticos regionales, la evaluación de impactos y las posibles acciones de adaptación (PUMA-INECC, 2013).

En 2016 se desarrollaron cuatro talleres regionales[21] para capacitar a servidores públicos locales en el tema de los elementos mínimos para la elaboración de los programas de cambio climático de las entidades federativas; con dichos talleres se fortalecieron las capacidades técnicas de diferentes actores estatales

[20] Para mayor información, consúltese: https://www.gob.mx/inecc/prensa/especialistas-en-materia-de-genero-intercambian-experiencias-para-enfrentar-el-cambio-climatico-en-mexico

[21] Para mayor información, consúltese:

1er taller: http://dev.another.co/giz/primer-taller-regional-de-cambio-climatico-para-los-estados-de-la-republica-mexicana-2/

2do taller: http://dev.another.co/blue/continua-serie-de-talleres-regionales-de-cambio-climatico-para-los-estados-de-la-republica-mexicana/

3er taller: http://iki-alliance.mx/download/Minuta%20Tercer-%20Taller%20Regional.pdf

4to taller: http://dev.another.co/blue/cuarto-taller-regional-sobre-programas-estatales-de-cambio-climatico-con-estados-mexicanos-2/

para el desarrollo de sus programas de cambio climático y para que se entendiera el proceso de adaptación al cambio climático. Estos talleres son el primer esfuerzo por homologar la información presentada en los programas estatales (SEMARNAT-INECC, 2015).

También existen ejemplos de desarrollo de capacidades en la implementación de acciones de adaptación al cambio climático en localidades de México. Por ejemplo, en el proyecto "Adaptación en humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático" se realizaron al menos 45 acciones para el fortalecimiento de capacidades, tanto comunitarias como impulsadas por el gobierno federal, las cuales incluían: talleres-diagnóstico con diversos actores (2015); talleres comunitarios participativos (2015-2016); talleres comunitarios de percepción social del riesgo con enfoque de género (2015 y 2016); capacitaciones en técnicas particulares para atender impactos del cambio climático en las localidades: construcción de palafitos, instalación de sistemas de captación de agua de lluvia, reforestación de manglares, entre otras; un taller de difusión de resultados con las comunidades y autoridades nacionales, estatales y municipales (2016); un encuentro internacional de intercambio de experiencias sobre implementación de proyectos de adaptación basada en ecosistemas (2016). Asimismo, en ese proyecto se realizó la divulgación del tema de cambio climático en redes, se montó una exposición fotográfica y se dieron diversas conferencias de prensa (World Bank, 2017).

Otro proyecto en el que se han desarrollado capacidades de carácter local durante la implementación de acciones es el llamado "C6-Cuencas Costeras", en donde han tenido lugar múltiples encuentros con los actores locales de las cuencas para el desarrollo de los PAMIC; además, uno de sus componentes incide en el fortalecimiento de capacidades para el establecimiento de sistemas comunitarios de monitoreo: calidad del agua, biodiversidad y cambio de uso de suelo. Los PAMIC son instrumentos de planeación territorial que permiten identificar las relaciones geográficas entre las zonas de suministro de servicios ambientales y las zonas de consumo de estos servicios, y pretenden lograr consensos entre las evidencias científicas y las visiones de los actores para la identificación de sitios, por lo que la participación activa de los habitantes —tanto para capacitación como para el logro de consenso— es fundamental (http://www.c6.org.mx/cuencas-costeras/el-proyecto/).

Otro instrumento territorial que tiene un gran potencial para contribuir en la adaptación al cambio climático es la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre en su modalidad de vida libre (UMA), la cual promueve la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural mediante el uso sustentable de la vida silvestre (DOF, 2000). En 2016 se realizó el Taller de Adaptación al Cambio Climático en las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA)[22] al que asistieron expertos de UMA de todo el país, en donde se analizaron las fortalezas, debilidades y posibles contribuciones de las UMA a la adaptación al cambio climático, y se encontraron diversos aspectos relevantes (**Tabla 5.9**).

Alcances de las UMA como instrumentos de reducción de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

- Es recomendable considerar las necesidades particulares de cada región, distinguir los enfoques y considerar que las UMA son resultado del uso sustentable de los recursos; por tanto, son en sí mismas acciones para reducir la vulnerabilidad al cambio climático.
- Los dueños de las UMA son los principales implicados en la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático y la preservación de la calidad del hábitat para poder continuar haciendo uso de la biodiversidad de forma sostenible, por lo que se debe fomentar el diálogo directo y permanente.
- Es prioritaria la continuidad de las UMA ya establecidas y el impulso a la creación de nuevas UMA que incorporen mayor número de especies.
- Es necesario crear cadenas de valor para los productos de las UMA, así como el desarrollo de estrategias de manejo holístico.
- Impulsar una red de UMA para compartir experiencias y lecciones aprendidas entre las distintas UMA de las zonas bioclimáticas puede fortalecer la capacidad adaptativa de la región.
- Con las UMA se puede incentivar la organización social, la investigación, la capacitación, y los debates sobre cambio climático.
- Las características de las UMA (tamaño, técnicas de aprovechamiento y manejo del hábitat) permiten el diseño de planes de acción, estrategias, programas y esquemas que pueden integrar la adaptación, tanto a las condiciones ambientales y climáticas locales como al entorno socioeconómico.

[22] Para mayor información, consúltese: https://www.gob.mx/INECC/articulos/taller-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-las-unidades-de-manejo-para-la-conservacion-de-la-vida-silvestre-umas?idiom=es

Contexto internacional

México comparte con Centro América y el Caribe procesos climáticos y meteorológicos que hacen a la región altamente vulnerable a los impactos del cambio climático. Por ello, la cooperación internacional a través de la colaboración científica y técnica, el intercambio de experiencias y la formación conjunta de recursos humanos con los distintos países es prioritaria para el país.

En ese sentido, se han realizado talleres técnicos e intercambios virtuales de conocimiento sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático y calidad del aire a través de la Plataforma de Colaboración México-Corea (cooperación triangular), con el objetivo de fortalecer las capacidades institucionales públicas y sociales en los ámbitos federal/central y local de países de América Latina y el Caribe; en particular, en relación con el módulo de adaptación se crearon capacidades para el diseño de medidas de adaptación y la reducción de la vulnerabilidad actual y futura (Conde-Álvarez y López Blanco, 2016).

Asimismo, en un proyecto de colaboración trinacional de América del Norte realizado de 2015 a 2017, México, Canadá y Estados Unidos intercambiaron conocimientos y herramientas de las comunidades locales o indígenas y de la academia, para evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas riparios y costeros. En cada país se realizaron actividades de fortalecimiento de capacidades adecuadas para su propio contexto local: en México se centraron las acciones en Tabasco y se realizaron campañas de concientización sobre eliminación de basura y reciclaje en ecosistemas de manglar, se llevó a cabo la capacitación local en limpieza manual de canales hidrológicos y se elaboraron diversos documentos de difusión (dos manuales para manejo de residuos sólidos, un folleto y un cuaderno de dibujo); en Canadá se realizaron campañas de concientización para la protección de sistemas riparios en la isla Georgina, Ontario; y en Estados Unidos se trabajó con las comunidades de las primeras naciones de California para capacitación de la metodología llamada condiciones de funcionamiento apropiado (PFC, por sus siglas en inglés) para el monitoreo de sistemas riparios dentro de sus reservas (http://www3.cec.org/islandora/en/item/11768-ecosystem-function-and-traditional-ecological-knowledge-building-resilience-and-es.pdf).

En 2016 se realizó el Encuentro Internacional de Intercambio de Experiencias en la Implementación de adaptación basada en ecosistemas (AbE), en donde se promovió la discusión en torno de experiencias y lecciones aprendidas, relacionada con implementación de proyectos AbE. En el encuentro se presentaron los principales resultados y lecciones aprendidas en la implementación de medidas AbE en México (proyecto de adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México, INECC); se identificaron insumos para el desarrollo de criterios de monitoreo y evaluación para la adaptación al cambio climático, a partir de la experiencia internacional (México, Cuba, Costa Rica, Colombia, Perú, Uruguay, Sudáfrica, Tailandia y Filipinas), y se señalaron los principales obstáculos y oportunidades para transversalizar el enfoque AbE.[23]

El gobierno de México se encuentra en la construcción de un Programa Nacional de Adaptación (NAP, por sus siglas en inglés). Como pasos para sentar bases sólidas en dicha construcción, en junio de 2017 se organizó, en colaboración con la NAP Global Network, el Foro Internacional de temas focalizados Financiando Procesos de Planes Nacionales de Adaptación: Opciones para la Implementación. En este foro participaron los responsables de la formulación de políticas y los profesionales de la adaptación, y se examinó el trabajo de países como Benín, Camboya, Colombia, Madagascar, México, Islas Salomón, Sudáfrica, Tanzania, Tailandia y Vanuatu. Asimismo, se analizaron opciones para integrar el financiamiento del NAP en el presupuesto nacional, así como opciones de financiamiento internacional, como el Fondo Verde para el Clima (NAP Global Network, 2017).

Desde 2016 y hasta 2018 se desarrolla el programa educativo de apoyo al desarrollo y consolidación de capacidades técnicas e institucionales en gestión de riesgos y adaptación al cambio climático en Centroamérica. Este proyecto de cooperación

[23] https://www.gob.mx/inecc/prensa/encuentro-internacional-de-intercambio-de-experiencias-en-implementacion-de-proyectos-de-adaptacion-basada-en-los-ecosistemas-abe?idiom=es

triangular es impulsado por los gobiernos de México y Suiza, en beneficio de la comunidad universitaria de Centroamérica y tiene como objetivo contribuir a que los estudiantes egresados de las universidades cuenten con conocimientos y herramientas para integrar la gestión integral de riesgos ante desastres (GIRD) y la adaptación al cambio climático ACC en los procesos de desarrollo de la región. Con este programa se fortalecen las capacidades de docentes investigadores y medios de comunicación universitarios en GIRD y ACC, se sensibiliza a la comunidad académica en GIRD y ACC, y se fortalece la capacidad de México para brindar apoyo técnico a la región con la participación de expertos suizos. Con el proyecto se desarrollan diversos cursos (presenciales o en línea), un centro de referencia virtual, un centro de generación de contenido multimedia, e intercambio de conocimientos entre instituciones mexicanas y suizas.[24]

Entre 2016 y 2018 se desarrolló el proyecto técnico "Evaluación de servicios ecosistémicos y de riesgos por cambio climático en cuencas hidrográficas de Chile y México", por medio del cual se intercambiaron experiencias y metodologías entre expertos y funcionarios de ambos países para la identificación de presiones e impactos sobre la disponibilidad del recurso hídrico, los riesgos por cambio climático y la identificación de medidas de adaptación locales. El proyecto permitió el financiamiento de talleres y reuniones entre instituciones públicas vinculadas al cambio climático en Chile y México, además de la compra de equipo para el monitoreo de calidad del agua y computacional para la implementación de modelos de simulación hidrológica en ambos países (INECC, 2018).

El proyecto global Mainstreaming Ecosystem based Adaptation (EBA) —coordinado por la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable en México (GIZ, por sus siglas en alemán), y las contrapartes en el gobierno mexicano SEMARNAT (Dirección General de Políticas para el Cambio Climático); INECC (Coordinación General de Adaptación) y CONANP (Dirección General de Desarrollo Institucional y Promoción)— tiene como objetivo apoyar la gestión de conocimientos sobre AbE, promover el intercambio internacional de conocimientos y experiencias, así como robustecer las evidencias cualitativas y cuantitativas sobre las ventajas y limitantes de este enfoque para la adaptación al cambio climático. Actualmente, el proyecto está operando directamente en cinco países socios (México, Perú, Filipinas, Vietnam y Sudáfrica) con asesores nacionales de GIZ en el sitio.

En el año 2015 se conformó la comunidad de práctica de AbE Intercambio de Conocimientos y Aprendizaje Colaborativo Más Allá de Proyectos, Instituciones y Fronteras Regionales. Esta es una comunidad internacional de profesionales, planificadores y tomadores de decisión cuyo objetivo es explícito en el nombre de la misma. Los miembros de esta red internacional proceden de gobiernos nacionales, organizaciones internacionales, de la sociedad civil y de instituciones de investigación interesadas en el fortalecimiento de la AbE en la planificación y la toma de decisiones. Dicha red se ha centrado en los siguientes temas:

- Herramientas y métodos para transversalizar la AbE.
- Puntos de entrada para integrar el enfoque en procesos de planificación y de toma de decisión.
- Evaluación de vulnerabilidades y del riesgo climático.
- Generación de evidencia sobre la eficacia de las medidas de AbE.
- Comunicación estratégica sobre los beneficios de la AbE.
- Opciones e instrumentos financieros para formular, implementar y mantener las medidas AbE.
- Monitoreo y evaluación.

[24] https://www.gob.mx/cenapred/documentos/curso-didactica-para-la-ensenanza-de-la-gestion-integral-del-riesgo-y-la-adaptacion-al-cambio-climatico?idiom=es

Adaptación y género

El cambio climático impactará de
manera diferenciada en las regiones
del mundo, las generaciones, los grupos etarios,
los grupos económicos y los géneros.
IPCC, 2001

El cambio climático no afecta a las personas de la misma manera. La pobreza, las desigualdades de género, de etnia, de clase social, entre otras, determinan las vulnerabilidades y las capacidades adaptativas con las que cuenta una población determinada.

Las mujeres y los hombres enfrentan los impactos y dan respuestas diferentes al cambio climático; tienen distintas visiones, percepciones, conocimientos y experiencias para afrontar este fenómeno. Asimismo, mujeres y hombres cumplen con diferentes roles sociales, enfrentan vulnerabilidades diferenciadas y cuentan con capacidades diferentes para atender los desafíos que la variación climática les impone. El cambio climático pone al descubierto y con frecuencia acentúa las desigualdades sociales, de género, de acceso a los recursos y a la educación, etcétera.

Para comprender y atender los impactos que genera el cambio climático es fundamental abordar el contexto social, económico y político que lo determina. El impacto del cambio climático forma parte del binomio desigualdad/pobreza. Este binomio se distribuye de manera desigual entre mujeres y hombres, lo que condiciona sus respuestas a este fenómeno. Por ello, atender las causas estructurales que determinan la pobreza y las desigualdades de todo tipo presentes en las sociedades es fundamental para avanzar en procesos exitosos de adaptación al cambio climático.

Transversalizar la adaptación de manera plena en comunidades humanas implica reducir y atender las disparidades económicas, sociales y políticas, incluyendo los aspectos vinculados con las desigualdades de género.

El cambio climático y la adaptación no son asuntos neutrales al género. Las políticas y programas que desconocen el impacto diferencial que estas tienen en ambos sexos suelen no tomar en cuenta cuestiones vinculadas al género. Es decir, no incorporan las diferencias entre mujeres y hombres y las desigualdades de género presentes en la sociedad. Por consiguiente, las políticas que pretenden atender los desafíos que el cambio climático impone a las comunidades humanas pero eluden trabajar con la perspectiva de género serán incompletas, y contribuirán a exacerbar estas desigualdades.

El género es un principio normativo que organiza a las sociedades al definir los roles, las características y el tipo de relaciones sociales (de poder, de desigualdad, de subordinación, de exclusión, de discriminación, etc.) que establecen las mujeres y los hombres en todos los ámbitos (económico, social, cultural y político). Estas relaciones surgen y son producto de un determinado momento histórico y contexto cultural, económico, ambiental y social que permea todos los vínculos que se establecen entre las mujeres y los hombres en una sociedad.

Las respuestas y estrategias de adaptación centradas en las personas utilizan la perspectiva de género para comprender de qué manera las identidades de mujeres y hombres determinan las diferentes vulnerabilidades y sus capacidades de adaptación; visibilizar los diferentes impactos, necesidades, perspectivas y, con ello, poder brindar respuestas focalizadas; entender las causas subyacentes de las desigualdades, en particular las de género; diseñar e implementar políticas, programas y proyectos tendientes a generar situaciones de mayor equidad e igualdad.

Algunos de los factores que determinan la vulnerabilidad de las personas son: el grado de exposición al cambio climático, las condiciones de desigualdad económicas, sociales y políticas en las que viven, y las relaciones de género existentes.

La vulnerabilidad al cambio climático tiene que ver con el trinomio capacidades/herramientas/recursos (materiales organizativos, educativos, financieros, etc.) con los que se cuenta para poder enfrentar o adaptarse a los efectos del cambio climático. Por lo tanto, las medidas de adaptación tienen que tomar en cuenta las vulnerabilidades específicas de cada género y grupo social.

La división sexual del trabajo, los estereotipos de género, el acceso desigual a los recursos y a la tenencia de la tierra, la ausencia de su voz y su invisibilización en la toma de decisiones son factores que incrementan la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de las mujeres frente a los impactos del cambio climático.

La vulnerabilidad de las mujeres no está determinada por razones biológicas, sino que son las estructuras sociales, los roles y los estereotipos de género que las hacen y determinan su vulnerabilidad ante el cambio climático (IPCC, 2012).

En un mismo territorio, las mujeres no son un grupo homogéneo, ya que existen grandes diferencias y necesidades entre ellas (de edad, educación, acceso y control de los medios de producción, de origen étnico, etcétera).

Tampoco son un grupo vulnerable *per se* o las "víctimas climáticas", sino que son un poderoso agente de cambio que debe estar presente y jugar un papel protagónico en los proyectos de mitigación, adaptación y en la toma de decisiones y búsqueda de soluciones vinculadas con el cambio climático.

¿Por qué adaptación y género?

Abordar la adaptación al cambio climático con perspectiva de género permite visualizar los factores que pueden socavar las capacidades de adaptación de una comunidad y comprender cómo interactúan estos factores en una situación dada.

En este sentido, solo se logra integrar la perspectiva de género en la adaptación cuando existe un reconocimiento de las desigualdades existentes en una comunidad y se cuenta con voluntad y estrategias para desafiarlas.

Incluir criterios de igualdad de género en el diagnóstico de vulnerabilidad y en el diseño e implementación de medidas de adaptación permite atender las desigualdades y acceder a una distribución igualitaria de los beneficios entre mujeres y hombres participantes en este tipo de iniciativas. Para ello, los objetivos de la adaptación deben estar vinculados con los de igualdad de género y de acceso al desarrollo desde el diseño de un proyecto, a fin de iniciar las intervenciones con esta perspectiva. Esto implica transformar las relaciones de género y avanzar hacia una sociedad económica, social y políticamente más igualitaria.

Por lo tanto, incorporar la perspectiva de género en los proyectos de adaptación permite garantizar beneficios y oportunidades para mujeres, hombres, niñas y niños; avanzar hacia la igualdad de género con el logro de cambios efectivos en la realidad cotidiana de mujeres y hombres; incorporar los conocimientos, capacidades y experiencias diferenciadas de mujeres y hombres a la adaptación; identificar y trabajar sobre los estereotipos y prejuicios que dan lugar a situaciones de discriminación y de exclusión en la toma de decisiones entre mujeres y hombres; efectuar cambios concretos en las relaciones de poder en todos los ámbitos (comunitario, familiar, escolar, etc.); abordar las causas estructurales de las desigualdades sociales y de género , promover procesos participativos incluyentes y avanzar hacia el empoderamiento de mujeres y hombres de las comunidades.

Cuando se trabaja en la adaptación con perspectiva de género, las necesidades prácticas deben verse como un medio para facilitar el camino hacia los intereses estratégicos de las mujeres (toma de decisiones frente al uso y conservación de los recursos naturales).

Transversalizar género en el proceso de la adaptación permite diferenciar las capacidades, necesidades y prioridades de mujeres y hombres; asegurar que las ideas (de hombres y mujeres), propuestas y soluciones sean incorporadas en las iniciativas gubernamentales; integrar acciones dirigidas específicamente a desafiar las desigualdades de género, y tomar en cuenta los impactos que una acción gubernamental (legislación, presupuestos,

políticas o programas) tiene en las mujeres y los hombres.

Incorporar la perspectiva de género implica analizar la forma en que las desigualdades de género influyen en los factores que suelen aumentar la vulnerabilidad de ciertos grupos poblacionales al cambio climático.

Por lo tanto, los procesos de adaptación con perspectiva de género tienen que ser integrales y no sectoriales, atender las causas estructurales de la desigualdad y la pobreza, y contemplar el empoderamiento económico de las comunidades con perspectiva de género. Estas medidas deben tener en cuenta los intereses estratégicos de las mujeres: control y acceso a los recursos; garantizar el acceso al crédito y a una toma de decisiones más igualitaria; cuestionar la división sexual del trabajo, así como la posición subordinada de las mujeres, y fortalecer su liderazgo.

Las medidas de adaptación deben tener como objetivo reducir la vulnerabilidad de la población afectada y modificar las relaciones inequitativas de género. La equidad de género y el empoderamiento de las mujeres son elementos centrales para la reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático. Por lo cual es importante que estas políticas, mediante la implementación de acciones claras, contundentes y afirmativas, reduzcan las vulnerabilidades y avancen hacia una mayor equidad social y de género.

Conclusiones

México incluyó compromisos de adaptación al cambio climático en sus instrumentos rectores de planeación, y diseñó políticas sectorizadas en las diferentes instituciones de gobierno que constituyen los cimientos para el establecimiento de la transversalidad de las respuestas ante los efectos del cambio climático.

México fue el primer país en incorporar un apartado de adaptación en su contribución nacionalmente determinada (CND) para conseguir objetivos mesurables e incluyó una sección sobre adaptación basada en ecosistemas (AbE).

Como país megadiverso, México reconoce que la conservación de los ecosistemas y sus servicios ambientales es fundamental para la adaptación al cambio climático.

México desarrolló un marco conceptual del proceso de adaptación al cambio climático, en el que La participación social, el enfoque de género y los derechos humanos son primordiales. Dicho proceso incluye cuatro fases generales: *1)* análisis de la vulnerabilidad actual y futura; *2)* diseño de medidas de adaptación; *3)* implementación de las medidas de adaptación, y *4)* evaluación y monitoreo.

México ha presentado cambios en la tendencia de variables climáticas. La cantidad de precipitación no se ha modificado en el periodo 1960-2013; sin embargo, aunque no hay tendencia generalizada, la distribución sí está cambiando. Las temperaturas mínimas y máximas presentan, por lo general en todo el país, un incremento de noches tropicales y una disminución de noches frías.

México desarrolló escenarios de aumento de temperatura global (1, 1.5 y 2°C) en el marco del Acuerdo de París y se utilizaron para realizar estudios de impactos potenciales; asimismo, está transitando de Modelos de Circulación General a Modelos Regionales. Adicionalmente se analizaron nuevas variables (temperatura superficial, precipitación, presión a nivel del mar y dirección e intensidad del viento superficial) bajo escenarios de cambio climático.

La modelación orientada a apoyar la toma de decisiones debe considerar la incertidumbre asociada, de tal forma que permita evaluar una variedad de posibles escenarios y estrategias de respuesta.

Para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, México ha avanzado en la generación y análisis de información socioambiental a partir de las condiciones climáticas actuales y proyectadas:

Bajo escenarios de cambio climático, en el Altiplano Mexicano se proyecta mayor pérdida de condiciones aptas para las especies, aunque, si se

considera el cambio de uso del suelo, la Faja Volcánica Transversal presenta mayores retos para la conservación.

En las islas de México, las áreas de distribución potencial podrían reducirse para las aves y los anfibios, mientras que podrían aumentar para las plantas y los mamíferos.

En cuanto a riqueza potencial de especies, las islas de las regiones del Golfo de California y el Mar Caribe son más sensibles a los efectos del cambio climático que las de la región del Pacífico. Las aves y los mamíferos pueden presentar las mayores pérdidas potenciales de especies, en comparación con reptiles, plantas y anfibios.

Las islas mexicanas más afectadas por el aumento del nivel del mar se localizan en la región del Golfo de México y el Mar Caribe. Entre 1 y 3.8% de la superficie insular nacional quedaría sumergida bajo escenarios de incremento del nivel del mar de 1 y 5 m, respectivamente.

El Golfo de México y el Mar Caribe presentan la mayor vulnerabilidad al cambio climático de especies de importancia pesquera, en comparación con el Pacífico Norte, el Golfo de California y el Pacífico Tropical.

Se requieren instrumentos jurídicos, nacionales e internacionales, de defensa de la soberanía ante la eventual pérdida de territorio insular, mar territorial y zona económica exclusiva.

Los bosques de coníferas, las selvas húmedas, la vegetación halófila e hidrófila podrían disminuir su área de distribución potencial, mientras que las selvas secas podrían aumentarla.

De acuerdo con los cálculos de balance hídrico, en algunas cuencas de los estados de Tamaulipas, Sinaloa, Nayarit, Veracruz y Tabasco, el déficit de agua incrementará.

Distintos estudios acerca de los efectos del cambio climático en el potencial productivo de los suelos indican impactos negativos en la producción agroalimentaria futura.

Se proyecta que el sector agrícola en México tendría una pérdida de rendimiento de los cultivos de maíz, frijol y trigo, así como de sorgo y cebada. La soya tendría mayores rendimientos en zonas de alta precipitación.

Se han identificado efectos de la isla de calor en algunas ciudades del país. En la Ciudad de México, la variación del porcentaje de calor almacenado en el suelo va de 35% en zonas arboladas a 60% en zonas densamente urbanizadas.

El *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático* es una herramienta para la toma de decisiones e incidencia en política pública, al tiempo que da recomendaciones para orientar las acciones de adaptación y disminuir la vulnerabilidad ante amenazas climáticas actuales y futuras, con lo cual contribuye al cumplimiento de las CND.

México ha llevado a cabo proyectos exitosos de implementación de acciones de adaptación que han incluido la participación comunitaria y el enfoque de género; de ellos se han obtenido lecciones aprendidas y buenas prácticas.

México ha fortalecido las capacidades para la adaptación al cambio climático entre las instituciones de los diferentes órdenes de gobierno, sector privado, academia, sociedad civil y comunidades locales. Esto ha favorecido la generación de una visión común, propiciado la transversalización del tema y la corresponsabilidad ante los impactos del cambio climático.

Áreas de oportunidad

Las acciones de adaptación deben considerar esquemas de monitoreo y evaluación que faciliten el aprendizaje y la retroalimentación de las decisiones planteadas para hacer los ajustes pertinentes en el tiempo.

Es importante…

- Que el diseño e implementación de medidas de adaptación incluyan análisis de costo-beneficio y costo-efectividad.

Es necesario…

- Fortalecer los instrumentos de planeación territorial incorporando criterios de cambio climático y generar más información sobre la atribución de cambios observados en el clima.
- Continuar con el fortalecimiento de capacidades locales y con la alineación de políticas públicas

que favorezcan la participación y la corresponsabilidad de las comunidades

Es indispensable…

- Articular el marco legal para respaldar la integralidad, coordinación y cooperación interinstitucional e intergubernamental, y sumar la participación corresponsable de los sectores social y privado en materia de adaptación al cambio climático.
- Fortalecer que el diseño y la implementación de medidas de adaptación incluyan el análisis costo-beneficio y costo-efectividad.
- Generar información sobre la atribución de cambios observados en el clima.
- Fortalecer la implementación de medidas de adaptación en comunidades rurales y urbanas, así como en ecosistemas particularmente vulnerables y evaluar su efectividad.
- En cuanto al ANVCC, se requiere desarrollar un marco de evaluación de la vulnerabilidad ante el cambio climático en las principales ciudades del país.
- Entre los temas que prioritariamente deberán fortalecerse desde la perspectiva de adaptación, se encuentran: seguridad hídrica y alimentaria, mantenimiento de servicios ambientales, reducción del riesgo en asentamientos humanos, infraestructura estratégica, sectores productivos y salud humana.
- Se deben fortalecer conocimientos sobre los impactos a los cuales estamos expuestos y privilegiar la prevención por encima de la atención al desastre. Es indispensable contar con una estrategia de prevención de riesgos de desastres asociados al clima con una visión de largo plazo.

Escenarios de cambio climático

Un aspecto fundamental para aumentar la utilidad de los escenarios de cambio climático en estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación (IVA) es la reducción de escala (**Figura 5.13**). La resolución espacial que incluso los modelos de clima más avanzados logran, no es comúnmente la deseable para la realización de estudios de IVA. Los métodos de reducción de escala o *downscaling* se desarrollaron para incrementar la resolución espacial de las salidas de modelos físicos del clima, complementándolas con la información fisiográfica de pequeña escala faltante. Los métodos para realizar *downscaling* se clasifican en tres grandes grupos: factor de cambio, dinámicos y estadísticos (véanse Ekstrom *et al.*, 2015; Benestad *et al.*, 2008). Los métodos de factor de cambio (o método delta) son los más sencillos y consisten en aplicar el cambio proyectado por el modelo de clima a una climatología observada, ya sea directamente o utilizando métodos de interpolación. Los métodos dinámicos se basan en modelos físicos del clima corridos a una resolución más fina que la del modelo global y se pueden clasificar en tres variantes: *1)* "horizonte de tiempo", en el cual se corre la parte atmosférica de un AOGCM con una resolución horizontal mayor, por periodos cortos de tiempo; *2)* las corridas de AOGCM de resolución variable en las que la resolución horizontal se incrementa para la región de interés; *3)* uso de modelos regionales de área limitada anidados dentro de un AOGCM. El *downscaling* estadístico se basa en la estimación de relaciones empíricas entre variables de gran y pequeña escala. En general, estos métodos se dividen en: modelos estadísticos, *weather typing* (relaciona patrones sinópticos con condiciones locales) y generadores de tiempo (véanse Wilby *et al.*, 2004; Benestad *et al.*, 2008; Maraun *et al.*, 2010; Von Storch *et al.* 2000; Fowler *et al.*, 2007).

Tanto los métodos dinámicos como los estadísticos se han aplicado ampliamente, incluidos grandes proyectos internacionales (Maraun *et al.*, 2010; Jacob *et al.*, 2014; Lake *et al.*, 2017; Karmalkar, 2018). Si se aplican correctamente y sus limitaciones se transmiten a los usuarios, estos métodos pueden proporcionar ventajas considerables en el caso de áreas que, por ejemplo, presentan topografía compleja y/o se encuentran ubicadas en zonas costeras. Los métodos dinámicos y estadísticos han sido eva-

luados en numerosas ocasiones y se ha mostrado que ambos producen resultados similares, con la ventaja de que los métodos estadísticos son menos demandantes en términos de cómputo y capacidades técnicas. Cada uno de los métodos de reducción de escala tiene ventajas y desventajas y se requiere una cuidadosa evaluación para determinar si el valor agregado de estos justifica mayores recursos y la inclusión de mayor incertidumbre. La reducción de escala, tanto por métodos estadísticos como dinámicos, siempre involucra relaciones, código numérico y parametrizaciones adicionales que pueden hacer que el resultado sea muy distinto del arrojado por las proyecciones del AOGCM; estas diferencias pueden ser, en el mejor caso, debido a los factores locales que se quiere incorporar o, en el peor, causadas por sesgos que el propio método pueda generar (Ekström, Grose & Whetton, 2015). En un estudio de reducción de escala estadístico para México se encontró que la incertidumbre que este enfoque añade a las proyecciones de temperatura es cercana a 4°C y puede alcanzar hasta 8°C en algunas áreas (Estrada *et al*., 2013a). La incertidumbre añadida al utilizar reducción de escala dinámica es más difícil de evaluar. Sin embargo, se sabe que los modelos utilizados para este propósito no solo heredan la incertidumbre del AOGCM usado, sino que la incrementan por imprecisiones en la modelación de la escala local (Ekström, Grose & Whetton, 2015; Karmalkar, 2018).

Ambos métodos de reducción de escala producen mayor realismo en la representación espacial de las variables climáticas. En ocasiones este es un argumento que se utiliza para asignarles mayor credibilidad para su aplicación en estudios de IVA. Sin embargo, esto puede ser incorrecto: la confirmación de que los escenarios producidos con estos métodos logran una representación espacial más realista no permite inferir que la calidad de la proyección (en cuanto a su posibilidad física) sea mayor, sino que indica únicamente que el método cumplió con el propósito de aumentar la resolución. La calidad de la proyección depende fundamentalmente de la capacidad del modelo AOGCM para representar la respuesta al forzamiento externo (Ekström, Grose & Whetton, 2015). Un reto adicional es que, debido a su mayor costo computacional y requerimientos técnicos, estos métodos implican que los estudios de IVA se realicen para un rango menor de posibles trayectorias de emisiones y de modelos de clima. De esta forma, estos métodos pueden limitar la información disponible para guiar la toma de decisiones. Adicionalmente, los escenarios producidos con estos métodos comúnmente dependen de un solo modelo regional y, por lo tanto, ignoran la incertidumbre en la escala local considerada.

La cuarta dimensión de la **Figura 5.13** indica la representación temporal de los escenarios de cambio climático. Típicamente se adoptan dos tipos de representación temporal: *1)* descripciones estadísticas de climatologías futuras de cantidades de interés; por ejemplo, la media y variabilidad de campos de temperatura obtenidos de simulaciones climáticas centradas alrededor de un horizonte temporal (*e.g.*, 2030, 2050, 2080). La naturaleza de estos escenarios es estática y no contiene información acerca de la trayectoria temporal que lleva a los resultados que describe; *2)* series de tiempo para variables y periodos de tiempo determinados; por ejemplo, número de días con precipitación durante el periodo 2020-2100. Estos escenarios ofrecen características adicionales, tales como tasas de cambio y dinámicas temporales en las variables de interés, que pueden ser utilizadas en los estudios de IVA. En comparación con los estáticos, en este tipo de escenarios la variabilidad interna del modelo climático puede influir en mayor medida en las evaluaciones de IVA.

Distintas aplicaciones requieren distintas representaciones temporales. Un aspecto importante que conviene considerar en la selección del tipo de representación temporal son las características del sistema que se va a estudiar. Por ejemplo, para la evaluación de impactos en sistemas caracterizados por persistencia y en los que la tasa de cambio en el clima es determinante, el uso de escenarios en la forma de series de tiempo es el más apropiado (Estrada, Tol & Gay-García, 2015). En casos en los que la dinámica temporal de los impactos de cambio climático no es preponderante (o en los que los modelos de impacto no la incorporan), el uso de escenarios expresados como descripciones estadísticas de climatologías futuras resulta más conveniente.

Referencias

Arellano-Torres, E., L. E. Pichevin y R. S. Ganeshram. 2011. "High-resolution opal records from the eastern tropical Pacific provide evidence for silicic acid leakage from HNLC regions during glacial periods." *Quaternary Science Reviews* 30: 1112-1121.

Arreguín Cortés *et al*. (Eds.). 2015. *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Juitepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Barron, J. A y D. Bukry. 2007. "Solar forcing of Gulf of California climate during the past 2000 yr suggested by diatoms and silicoflagellates." *Marine Micropaleontology* 62: 115-139.

Barron, J. A., D. Bukry y J. L. Bischoff. 2003. "High resolution paleoceanography of the Guaymas Basin, Gulf of California, during the past 15 000 years." *Marine Micropaleontology* 50: 185-207.

Bellard, C., C. Leclercc y F. Courchamp. 2014. "Impact of sea level rise on the 10 insular biodiversity hotspots." *Global Ecology and Biogeography* 23: 203-212.

Bernal J. C. y Priyadarsi D. Roy. 2010. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 62: 3:1-3.

Biagini. B.; R. Bierbaum; M. Stults; S. Dobardzic y S.M. McNeeley. 2014. "A typology of adaptation actions: A global look at climate adaptation actions financed through the Global Environment Facility." *Global Environmental Change*. Volume 25, March 2014, pp. 97-108.

BID-SCT, 2015. "Puerto de Manzanillo: Gestión de Riesgos Climáticos. Reporte Final." Banco Interamericano de Desarrollo, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Coordinación general de Puertos y Marina Mercante. Manzanillo, Colima. 396 pp. https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7649/Puerto-de-Manzanillo-Gesti%C3%B3n-de-riesgos%20climaticos-Reporte-final.pdf?sequence=1

Borja-Vega, Christian y Alejandro de la Fuente 2013. "Municipal Vulnerability to Climate Change and Climate-Related Events in Mexico." *Policy Research Working Paper* #6417. The World Bank, Social Development Department, Sustainable Development Network.

Bradley, R.S., M.K. Hughes y H.F. Diaz. 2003. "Climate in Medieval time." *Science* 302: 404-405.

Caballero, M.M. y B. Ortega-Guerrero. 2011. *Escenarios del cambio climático: registros del Cuaternario en América Latina I*. Instituto de Geofísica. Dirección General de Publicaciones y fomento editorial. Universidad Nacional Autónoma de México, p. 406.

CARE, 2010. Community-Based Adaptation Tool-kit. http://www.careclimatechange.org/files/toolkit/CARE_CBA_Toolkit.pdf

Cavazos, T. (Ed.). 2015. *Conviviendo con la Naturaleza: El Problema de los Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos en México*. Ediciones ILCSA S.A. de C.V. C. http://usuario.cicese.mx/~tcavazos/pdf/T_Cavazos_Libro_REDESClim_2015.pdf

CDMX. 2016. Estrategia de Resiliencia CDMX: Transformación adaptativa, Incluyente y Equitativa. Gobierno de la Ciudad de México. http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/resiliencia/descargas/ERCDMX.pdf

_____ 2014. Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020 (PACCM 2014-2020). http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/flipbook/PACCM-2014-20202.html#p=1

CENAPRED. 2018. Atlas Nacional de Riesgos. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

_____ 2018a. Diferencia entre un ciclón tropical y un huracán. https://www.gob.mx/cenapred/articulos/diferencia-entre-un-ciclon-tropical-y-un-huracan

_____ 2018b. Página web: ¿Qué regiones del país son las más afectadas por las sequías? https://www.gob.mx/cenapred/articulos/que-regiones-del-pais-son-las-mas-afectadas-por-las-sequias?idiom=es.

_____ 2014a. Fascículo de Sequía. 39 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112864/8-FASCCULOSEQUAS-ilovepdf-compressed__1_.pdf

_____ 2013a. *Mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos*. México.

_____ 2013b. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2013*. Sistema Nacional de Protección Civil. 82 pp. http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/324-NO.15-impactosocioeconmicodelosprincipalesdesastresocurridosenmxicoenelao2013.pdf

CICC. 2017. Informe Anual de Actividades 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/312025/Informe_Anual_de_Actividades_2017.pdf

Cole, S. y L. McCarthy. 2018. January 18. Long-Term Warming Trend Continued in 2017: NASA, NOAA. NASA Press-Release. https://www.nasa.gov/press-release/long-term-warming-trend-continued-in-2017-nasa-noaa

CONABIO. 2016. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Gobierno de la República. 388 pp. http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/ENBIOMEX_baja.pdf

_____ 2017. CONABIO, 25 años de evolución. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262393/25_an_os_Conabio_web.pdf

CONACYT 2018. Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACYT. Consultado el 24 de enero de 2018. https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/SEMARNAT-conacyt

CONAFOR. 2017. Logros 2016 del Programa Forestal 2014-2018. Informe Especial. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/195157/Logros_2016_PRONAFOR_2014-2018.pdf

CONAGUA. 2018. Conferencia de Prensa sobre Decretos de Reserva de Agua realizada por el Director General de la Conagua, Roberto Ramírez de la Parra. Versión estenográfica. Publicada el 19 de junio de 2018. https://www.gob.mx/conagua/prensa/version-estenografica-de-la-participacion-del-dir-general-de-la-conagua-durante-la-conferencia-de-prensa-sobre-decretos-de-reserva-de-agua?idiom=es

_____ 2017. Información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación. Oficio Núm. B00.6.01.-063. 31 de marzo de 2017.

_____ 2016. Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2016. www.gob.mx/SEMARNAT

_____ 2014. Política Pública Nacional para la Sequía. Informe Documento Rector. PRONACOSE. 67 pp. http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/Contenido/Documentos/Documento%20Marco.pdf

CONAGUA-II UNAM. 2018. Monitor de Sequía Multivariado en México (MOSEMM). http://201.116.60.187/index.html

CONAGUA-SMN. 2018. Monitor de Sequía de México. http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

_____ 2015a. Temporada 2015 de Ciclones Tropicales. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. 19 pp. http://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica

_____ 2015b. Reporte del Clima en México. Reporte Anual. 27 pp. http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2014.pdf

CONANP. 2017a. Información proporcionada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, a través de la Dirección General de Desarrollo Institucional y Promoción, en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación Nacional. Oficio Núm. DGDIP/006/17 con fecha de 04 de enero de 2017.

_____ 2017b. Alianza México Resiliente: áreas protegidas, respuestas naturales al cambio climático. Artículo de difusión. https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/alianza-mexico-resiliente-122430?state=published

_____ 2016. *Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Marismas Nacionales, Nayarit y Sinaloa*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, The Nature Conservancy y Conselva, Costas y Comunidades, A.C. México. 109 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247256/PACC_Marismas_Nacionales.pdf

_____ 2015. *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020)*. Comisión de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 62 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/246611/ECCAP-2015.pdf

_____ 2014a. *Programa de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas del Complejo Cuenca del Río Grande*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México. 69 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247261/PACC_Rio_Grande.pdf

_____ 2014b. *Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Reserva de la Biósfera Mapimí*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México. 68 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247260/PACC_Mapimi.pdf

_____ 2014c. *Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Cumbres de Monterrey-Sierra de Arteaga-Zapalinamé*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México. 64 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247259/PACC_Cumbres_Monterrey.pdf

_____ 2014d. *Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Cuatrociénegas*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México. 68 pp. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247258/PACC_Cuatrocienegas.pdf

_____ 2014e. *Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de*

México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 84 pp.

_____ 2013. "Programa de Adaptación al Cambio Climático Región Central de la Sierra Madre Oriental." Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. México.

CONANP, CEGAM y Alianza WWF-Fundación Carlos Slim. 2015. *Herramienta para el diagnóstico rápido de vulnerabilidad al cambio climático en áreas naturales protegidas*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Conde Álvarez, C. y J. López Blanco (coords.). 2016. *Variabilidad y cambio climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe: propuestas para métodos de evaluación*. México. INECC. 144 pp.

CRCC. 2015. Acta de Instalación de la Comisión Regional de Cambio Climático de la Península de Yucatán. http://www.ccpy.gob.mx/pdf/Regional/comision-regional-cc/acta-instalacion-crcc.pdf

DOF. 2017a. "Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con carácter de parque nacional, la región conocida como Revillagigedo, localizada en el Pacífico Mexicano." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el día 27 de noviembre de 2017.

_____ 2017b. "Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Apoyos a Pequeños Productores de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2018." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 29 de diciembre de 2017.

_____ 2017c. "Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos para el ejercicio fiscal 2018. Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)." Publicadas en el *Diario Oficial de la Federación* el 30 de diciembre de 2017. https://www.gob.mx/sedatu/acciones-y-programas/programa-de-prevencion-de-riesgos

_____ 2016. Diario Oficial de la Federación. Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última reforma 28 de noviembre de 2016. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_281116.pdf

_____ 2016a. "Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con carácter de reserva de la biósfera, la región conocida como Caribe Mexicano." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el día 07 de diciembre de 2016.

_____ 2016b. "Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Islas del Pacífico de la Península de Baja California." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el día 07 de diciembre de 2016.

_____ 2016c. "Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con carácter de reserva de la biósfera, la región conocida Pacífico Mexicano Profundo." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el día 07 de diciembre de 2016.

_____ 2016d. "Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con carácter de reserva de la biósfera, la región conocida Sierra Tamaulipas, localizada en los municipios de Aldama, Casas, González, Llera y Soto La Marina, en el Estado de Tamaulipas." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el día 07 de diciembre de 2016.

_____ 2014. "Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 28 de abril de 2014. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014

_____ 2012. Diario Oficial de la Federación. Ley General de Cambio Climático. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última reforma 13 de julio de 2018. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_190118.pdf

_____ 2010a. "Acuerdo por el que se establecen las Reglas de Operación del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 23 de diciembre de 2010. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5172175&fecha=23/12/2010

_____ 2010b. "Acuerdo por el que se emiten las Reglas Generales del Fondo de Desastres Naturales." Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 3 de diciembre de 2010. http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/32/12/images/REGLAS-GENERALES-DEL-FONDEN-3-DIC-10.pdf

_____ 2000. *Ley General de Vida Silvestre*. Diario Oficial de la Federación. México. 72 pp.

_____ 1984. Diario Oficial de la Federación. Ley General de Salud. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Última reforma 12 de julio de 2018. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_110518.pdf

Ekström, M., M.R. Grose y P.H. Whetton. 2015. "An appraisal of downscaling methods used in climate change research." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 6: 301-319. DOI: 10.1002/wcc.339.

Estrada, F., V.M. Guerrero, C. Gay-García y B. Martínez-López. 2013a. "A cautionary note on automated statistical downscaling methods for climate change." *Climatic Change* 120: 263-276. DOI: 10.1007/s10584-013-0791-7.

Estrada, F., R.E. Livezey, B. Martínez-López y C. Gay-García. 2013b. "Revisiting a flawed downscaling methodology: Comment on Magaña *et al*. (2012). *Climate Research* 56. DOI: 10.3354/cr01154.

Estrada, F., B. Martínez-López., C. Conde y C. Gay-García. 2012. "The new national climate change documents of Mexico: What do the regional climate change scenarios represent?" *Climatic Change* 110: 1029-1046. DOI: 10.1007/s10584-011-0100-2.

Estrada, F., E. Papyrakis, R.S.J. Tol y C. Gay-Garcia. 2013c. "The economics of climate change in Mexico: implications for national/regional policy." *Climate Policy* 13: 738-750. DOI: 10.1080/14693062.2013.813806.

Estrada, F., R.S.J. Tol y C. Gay-García. 2015. "The persistence of shocks in GDP and the estimation of the potential economic costs of climate change." *Environmental Modelling and Software* 69. DOI: 10.1016/j.envsoft.2015.03.010.

Estrada, F., R.S.J. Tol y W.J.W. Botzen. 2017. "Global economic impacts of climate variability and change during the 20th century." *PLOS ONE* 12(2): e0172201. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172201

García-Cueto, R., E. Jáuregui-Ostos, A. Tejeda-Martínez y D. Tourdert. 2007. "Detection of the urban heat island in Mexicali, B.C., Mexico and its relationship with land use." *ATMOSFERA* 20(2): 111-132.

García de Miranda, E. 1989. *Apuntes de Climatología*. México. UNAM. 155 pp.

Gay, C. 2000. *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país, coordinados por el INE, SEMARNAP, UNAM con el apoyo del US Country Studies Program, México.

Gay García, C. y A.C. Conde Álvarez. 2013. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Fondo ambiental público del Gobierno del Distrito Federal, Conferencia Nacional de Gobernadores y Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Vulnerabilidad/

Gobierno de Coahuila. 2013. Programa Estatal contra el Cambio Climático en Coahuila. http://www.sema.gob.mx/SGA-CC-PLANESTATAL.htm

Gobierno de Jalisco. 2015. "Acuerdo por el que se crea la Comisión Interinstitucional para la Acción ante el Cambio Climático en el Estado de Jalisco." Publicado en el *Periódico Oficial del Estado de Jalisco* el 25 de noviembre de 2015. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Jalisco/wo108332.pdf

Gobierno de la República. 2015. Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf

Gobierno de Yucatán. 2012. Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2012-2018. http://www.yucatan.gob.mx/gobierno/ped.php

_____ 2014. "Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Yucatán." Publicado en el *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán* el 26 de abril de 2014. http://www.ccpy.gob.mx/pdf/agenda-yucatan/documentos-estatal/PEACC_2014_04_26.pdf

Harley, C.D.G. *et al*. 2006. "The impacts of climate change in coastal marine systems." *Ecology Letters* 9(2): 228-241. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x

Haug, H. G., D. Günther, L.C. Peterson, D.M. Sigman, K.A. Hughen y B. Aeschlimann. 2003. "Climate and the Collapse of Maya Civilization." *Science*. 299 (5613): 1731-1735.

Hegerl, G.C. *et al.* 2010. "Good Practice Guidance Paper on Detection and Attribution Related to Anthropogenic Climate Change." In T. Stocker, C. Field, Q. Dahe, V. Barros, G.-K. Plattner, M. Tignor… K. Ebi (Eds.). *IPCC Expert Meeting on Detection and Attribution Related to Anthropogenic Climate Change* (p. 8). University of Bern, Bern, Switzerland: IPCC Working Group I Technical Support Unit. https://wg1.ipcc.ch/SR/documents/IPCC_D&A_GoodPracticeGuidancePaper-1.pdf

Hodell, D.A., M. Brenner, J.H. Curtis y T. Guilderson. 2001. "Solar forcing of drought frequency in the Maya lowlands." *Science* 292:1367-1370.

ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad. 2015. Información proporcionada por el ICLEI al INECC en el que se especifica el estatus de implementación del proyecto PACMUN. 23 de enero de 2015. Oficio IMECSO-LMB02002/2015.

IMTA. 2017. Información proporcionada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación Nacional. Oficio Núm. RJE.03.02.-005 con fecha de 29 de marzo de 2017.

INECC. 2018. Evaluación de servicios ecosistémicos y de riesgos por cambio climático en cuencas hidrográficas de Chile y México. https://www.gob.mx/INECC/acciones-y-programas/adaptacion-al-cambio-climatico-91027

_____ 2017a. Conservación de cuencas costeras en el contexto de cambio climático (C6). Hoja informativa https://www.gob.mx/INECC/documentos/conservacion-de-cuencas-costeras-en-el-contexto-de-cambio-climatico-c6-99405

_____ 2017b. Adaptación en humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático. Ficha Informativa https://www.gob.mx/INECC/documentos/fact-sheet-adaptacion-en-humedales-costeros-del-golfo-de-mexico-ante-los-impactos-del-cambio-climatico

_____ 2017c. Evaluación Estratégica del Anexo Transversal del Presupuesto de Egresos de la Federación en materia de Cambio Climático. https://www.gob.mx/INECC/documentos/informes-de-los-resultados-de-la-evaluacion-estrategica-del-anexo-transversal-y-del-programa-especial-de-cambio-climatico

_____ 2017d. *Diseño de indicadores de sensibilidad territorial relacionados con la disminución de la disponibilidad de agua para los centros de población urbana y de la infraestructura estratégica asociada, bajo escenarios actuales y de cambio climático.* Coporación Internacional S.A. de C.V., DOVA. Ciudad de México.

_____ 2017e. *Propuesta metodológica para evaluar la vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático de la biodiversidad en México: el caso de las especies endémicas, prioritarias y en riesgo de extinción*. Dr. Víctor Sánchez Cordero. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 51 pp.

_____ 2016. Insumos para el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: "Evaluación integrada de la sensibilidad al cambio climático sobre los suelos y el potencial productivo agrícola e identificación de indicadores que incorporen la perspectiva de género". Jesús David Gómez Díaz.

_____ 2014a. *Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica*. Agustín Fernández Eguiarte, Jorge Zavala Hidalgo, Rosario Centeno y Rosa Irma Trejo. Centro de Ciencias de la Atmósfera e Instituto de Geografía. UNAM. 22 pp.

_____ 2014b. *Estudio para la incorporación de nuevas variables en los escenarios de cambio climático para México utilizados en la Quinta Comunicación Nacional.* Parte I. Tereza Cavazos y Pamela de Grau. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior.

_____ 2013. Desarrollo de la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático. *Gestión de Riesgos ante el Cambio Climático y Diagnóstico de Vulnerabilidad*. Resumen Ejecutivo y Anexo Metodológico.

_____ 2012. *Identificación de áreas prioritarias para la conservación y su conectividad bajo diferentes escenarios de cambio climático: base para el diseño de áreas naturales protegidas*. Dr. Víctor Sánchez-Cordero, Patricia Illoldi-Rangel y Miguel Linaje. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de Méxicoo. 35 pp.

INECC-PNUD. 2018a. "Caracterización y regionalización de las zonas costeras de México, que incluyan métodos de sistemas de información geográfica y estadística, biofísicas y socioeconómicas en condiciones actuales y con cambio climático." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. México. UABC. México.

_____ 2018b. "Análisis de la vulnerabilidad actual y futura de los recursos hídricos en el contexto de la adaptación al cambio climático en la Península de Baja California." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. Roberto Alejandro Sánchez Rodríguez. COLEF. México.

_____ 2018c. "Análisis de la vulnerabilidad actual y futura de los recursos hídricos en el contexto de la adaptación al cambio climático y con un enfoque en el desarrollo urbano sustentable en los estados del sureste de México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Enrique Martínez Meyer, María Zorrilla Ramos, Miguel Ángel Altamirano, Lorena Torres, Carolina Neri, Fabiola de la Cruz, Eric Rayn Villalba y Michelle Montijo Arreguín. Contrato: Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste A.C. México. 161 pp. + cartografía y bases de datos.

_____ 2018d. "Estimación de los costos económicos de cambio climático para México a nivel estatal y país bajo distintos escenarios de cambio climático." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Francisco Estrada Porrúa. México. 208 pp.

_____ 2018e. "Realizar entrevistas *in situ* a actores locales claves que participaron en el desarrollo y la implementación de proyectos de adaptación al cambio climático, incluidos los reportados en la Quinta Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. Mujeres, Organización y Territorios (MOOTS). México.

_____ 2017a. "Estimación de rendimientos potenciales con escenarios de cambio climático para diversos cultivos agrícolas en México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento

Verde entre Canadá y México. M. Antonio R. Arce Romero.

_____ 2017b. Actualización de la Evaluación de Impactos del Cambio Climático sobre la Distribución Potencial de Especies de Mamíferos, Aves, Reptiles, Anfibios y Plantas que habitan las Islas de México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Enrique Martínez Meyer, Carolina Ureta Sánchez, Ángela Cuervo Robayo y Constantino González Salazar.

_____ 2017c. "Análisis de la reproducción de procesos atmosféricos que afectan el clima mexicano mediante simulaciones regionales del clima." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. José Antonio Salinas, Martín José Montero Martínez, María Eugenia Maya Magaña, Constantina Hernández Martínez y David Eduardo Díaz Gutiérrez. Convenio de colaboración: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 39 pp.

_____ 2017d. "Medición multidimensional de capacidad institucional a nivel municipal que fomente la adaptación al cambio climático. Informe Final."Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Vania Montalvo, Dulce Cano y Abril Cid. Convenio de colaboración: Transparencia Mexicana, A.C. 107 pp.

_____ 2017e. "Monitoreo de balances hidráulicos en seis cuencas hidrográficas de México incorporando escenarios regionales de cambio climático." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Gerardo Sánchez Torres Esqueda.

_____ 2017f. "Generación de un Conjunto de Procedimientos e instrumentos para la creación de un sistema de Alerta Temprana en el Marco del Cambio Climático y Desde una Perspectiva de Contingencia Ambiental Atmosférica de la Calidad del Aire en las Zonas Metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y Valle de México con Base en las condiciones Meteorológicas." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC.Raúl Vladimir Hernández Grajales. 76 pp.

_____ 2017g. "Análisis de las condiciones climáticas holocénicas, mediante los resultados de estudios paleoclimáticos, paleoceanográficos y paleolimnológicos, y su relación con el cambio climático en México." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. Alejandra Tenorio Peña. 89 pp.

2017h. Plataforma de colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México 2013-2017. Hoja Informativa. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/248148/Canada_factsheet2017b.pdf

_____ 2017i. "Estimación de rangos de incertidumbre en las fechas para alcanzar los valores de incremento en la temperatura promedio global 1.0, 1.5 y 2.0°C y las implicaciones para la República Mexicana."Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. Óscar Casimiro Sanchez Meneses, México. 44 pp.

_____ 2017j. "Documentación y Análisis de la degradación y los impactos del cambio climático en los desiertos (zonas áridas y semiáridas) de Méxic." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Paulina Alejandra Pontifes Cortés. México.

_____ 2017k. "Estudio de eventos climáticos extremos, sus tendencias y correlación con desastres ocurridos en los últimos años para México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Lourdes Aquino Martínez. México. 216 pp.

_____ 2017l. "Estudio de Análisis de las condiciones del bioclima humano en ciudades mexicanas ante escenarios de cambio climático para los horizontes temporales en los que se alcance un incremento en la temperatura media global de 1°C, 1.5°C y 2°C." Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional a la CMNUCC. Adalberto Tejeda Martínez. México. 47 pp.

_____ 2015. "Evaluación de Impactos de Cambio Climático sobre los Suelos de México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Jesús David Gómez Díaz.

_____ 2016a. "Asociado en Eventos Climáticos Extremos." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Fanny Lopez Díaz. México. 80 pp.

_____ 2016b. "Actualización y análisis del impacto del cambio climático en zonas bioclimáticas de México con nuevos escenarios de cambio climático." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Rosa Irma Trejo Vázquez.

_____ 2016c. "Análisis de metodologías para la obtención de nuevos escenarios de cambio climático a menor escala, que incluyan métodos estadísticos y métodos dinámicos para México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. José Antonio Salinas, Martín José Montero Martínez, María Eugenia Maya Magaña, Constantina Hernández Martínez y David

Eduardo Díaz Gutiérrez. Convenio de colaboración: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 39 pp.

_____ 2016d. "Metodología para el monitoreo hidráulico a nivel cuenca con escenarios de cambio climático en México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Gerardo Sánchez Torres Esqueda.

_____ 2016e. "Evaluación del cambio climático sobre las islas de México y su área de influencia." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Alfonso Aguirre Muñoz.

_____ 2016f. "Análisis de metodologías, variables, requerimientos y justificación del enfoque y modelo para la estimación de los costos económicos del cambio climático."Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Francisco Estrada Porrúa. México.

_____ 2016g. "Evaluación de impactos del cambio climático sobre algunas especies relevantes de las islas de México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Carolina Ureta Sanchez. México. 57 pp. + base de datos cartografica.

_____ 2016h. "Análisis de balances energéticos atmosféricos en Mexicali y la Ciudad de México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Rafael O. García Cueto.

_____ 2016i. "Consultoría para el análisis de tendencias del clima y con cambio climático para las ciudades del país más pobladas de México." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Rafael García Cueto. México. 498 pp.

_____ 2016j. "Evaluación del potencial productivo." Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Jesús David Gómez Díaz.

_____ 2016k. "Mapeo y evaluación de acciones de adaptación al cambio climático en el sector ambiental en México."Proyecto 86487 Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México. Ma. Luisa Cuevas Fernández.

INMUJERES. 2018. Información proporcionada por el Instituto Nacional de las Mujeres, a través de la Dirección General de Autonomía y Empoderamiento para la Igualdad Sustantiva, en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación Nacional. Oficio Núm. inmujeres/presidencia/dgaeis/200/2018

IPCC. 2007. "Climate Change 2007: The Physical Science Basis." Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, N.Y.

_____ 2012. "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation." A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K., and New York, NY., 582 pp.

_____ 2013. Summary for Policymakers Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and USA. 2013. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

_____ 2014. "Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad-Resumen para responsables de políticas." Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (Eds.). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza. 34 pp. (En árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.)

_____ 2017. Representative Concentration Pathways (RCP). http://sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html

IPCC-TGICA. 2007. "Guidelines on the use of Scenario data for climate impact and adaptation assessment. Version 2", T.R. Carter. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Grupo Especial sobre Datos en apoyo de los Análisis de Impacto y del Clima. 69 pp.

Islebe G. A. 2016. "Cambio climático: contexto histórico, paleoecológico y paleoclimático. Tendencias actuales y perspectivass." En: Balvanera, Patricia, Ernesto Arias-González, Ricardo Rodríguez-Estrella, Lucía Almeida-Leñero, Juan J. Schmitt-Soto. 2016. *Ecosistemas de México: una mirada a su conocimiento*. Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Islebe G. y O. Sánchez. 2002. "History of Late Holocene vegetation at Quintana Roo, Caribbean coast of Mexic." *Plant Ecology* 160: 187-192.

Jacob, D. *et al.* 2014. "EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact researc.h" *Regional Environmental Change* 14: 563-578. DOI: 10.1007/s10113-013-0499-2.

Karmalkar, A.V. 2018. "Interpreting results from the NARCCAP and NA-CORDEX ensembles in the context of uncertainty in regional climate change projections." *Bulletin of the American Meteorological Society*: BAMS-D-17-0127.1. DOI: 10.1175/BAMS-D-17-0127.1.

Knutti, R. & J. Sedláček. 2012. "Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections." *Nature Climate Change* 3: 1-5. DOI: 10.1038/nclimate1716.

Lake, I., W. Gutowski, F. Giorgi, B. Lee. 2017. "Cordex: Climate research and information for regions." *Bulletin of the American Meteorological Society*: ES189-ES192. DOI: 10.1175/BAMS-D-17-0042.1.

LEACC. 2015. Ley para la Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco. Número 25419/LX/15. Publicada el 27 de agosto de 2015. http://congresoweb.congresojal.gob.mx/BibliotecaVirtual/busquedasleyes/Listado.cfm#Leyes

Lozano García, Debajyoti Roy y Correa Metrio. 2015. "Registros Paleoclimáticos. En el Reporte Cambio Climático." Grupo I Universidad Nacional Autónoma de México/ Programa de Investigación en Cambio Climático.

Mann, M.E., Z. Zhang, S. Rutherford, R.S. Bradley, M.K. Hughes, D. Shindell, C. Ammann, G. Faluvegi y F. Ni. 2009. "Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly." *Science*: 326: 1256-1260.

Maraun, D. *et al.* 2010. "Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user." *Reviews of Geophysics* 48. DOI: 10.1029/2009RG000314.

March, I.J., J. Buenfil, S. Ulrich, A. von Bertab y M.T. Núñez. 2013. "Herramientas disponibles en línea de utilidad para evaluar los impactos del cambio climático y apoyar el diseño de medidas de adaptación y mitigación". Alianza México Resiliente: áreas protegidas, respuestas naturales al cambio climático. México.

Martínez-Austria, Polioptro y Carlos Patiño. 2010. *Atlas de Vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. ISBN 9787563013. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Medina, M.E. 2017. Agua en México: Un prontuario para la correcta toma de decisiones. M.T. Gutiérrez M. (Ed.). Ciudad de México: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. https://www.giz.de/en/downloads/Agua-en-Mexico-Un-prontuario-para-la-correcta-toma-de-decisiones-2017.pdf

Meinshausen, M., S.C.B. Raper y T.M.L. Wigley. 2011. "Emulating coupled atmosphere-ocean and carbon cycle models with a simpler model, MAGICC6: Part I-Model Description and Calibration." *Atmospheric Chemistry and Physics* 11: 1417-1456. DOI: 10.5194/acp-11-1417-2011.

Memorias del Foro. 2018. *Primer Foro de Adaptación al Cambio Climático. Memorias. Efecto Verde*. GIZ-INECC-WWF-SEMARNAT-PNUD. México. 225 pp.

Metcalfe, S.E. 1997. "Paleolimnological records of climate change in México Frustating past, promising future?" *Quaternary International* 44: 111-116.

Met Office. 2011. *Climate: Observations, Projections and Impacts*. México. 149 pp.

Monterroso-Rivas, A., C. Conde, C. Gay, J. Gómez-Díaz y J. López. 2014. "Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 19(4): 445-461.

NAP Global Network. 2017. Targeted Topics Forum: Financing NAP Processes. Winnipeg, Canada: NAP Global Network. http://www.napglobalnetwork.org/2017/06/targeted-topics-forum-financing-nap-processes/

Notz, D. 2015. "How well must climate models agree with observations?" *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 373(20): 140-164. DOI: 10.1098/rsta.2014.0164.

PEMEX.2015. Informe de Sustentabilidad 2015. 128 pp. http://www.pemex.com/etica-e-integridad/sustentable/informes/Documents/inf_sustentabilidad_2015_esp.pdf

_____ 2016. Informe de Sustentabilidad 2016. 104 pp. http://www.pemex.com/etica-e-integridad/sustentable/informes/Documents/inf_sustentabilidad_2016_esp_verificacion.pdf

Pérez-Cruz, L. 2006. "Climate and ocean variability during the middle and late Holocene recorded in laminated sediments from Alfonso Basin, Gulf of California, Mexico." *Quaternary Research* 65: 401-410.

PNUD. 1997. "Desarrollo de capacidades: texto básico del PNUD." Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Nueva York. 65 pp.

PNUD. 2014-2018. Fortalecimiento de la resiliencia para salvaguardar la biodiversidad amenazada por el cambio climático. Áreas Naturales Protegidas. http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/salvaguarda-de-la-biodiversidad-amenzada-por-el-cambio-climatico.html

PUMA-INECC. 2013. "Proyecto: Integración de información regional y conformación de una red de expertos sobre adaptación al cambio climático en el país." Segundo Informe, noviembre 2013, reporte técnico. PUMA-INECC. 225 pp.

SAGARPA. 2013. Primer Informe de Labores 2012-2013 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/informes-de-labores-de-la-secretaria-de-agricultura-ganaderia-desarrollo-rural-pesca-y-alimentacion

_____ 2015. Tercer Informe de Labores 2014-2015 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/informes-de-labores-de-la-secretaria-de-agricultura-ganaderia-desarrollo-rural-pesca-y-alimentacion

_____ 2016. Cuarto Informe de Labores 2015-2016 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/informes-de-labores-de-la-secretaria-de-agricultura-ganaderia-desarrollo-rural-pesca-y-alimentacion

SALUD-COFEPRIS. 2017. Información proporcionada por la Secretaría de Salud a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación Nacional. Oficio Núm. CEMAR/1/OR 107/2017 con fecha del 31 de marzo de 2017.

SCT-IMT. 2014a. *Criterios de Sustentabilidad para Carreteras en México.* Juan Fernando Mendoza Sánchez. Publicación Técnica Núm. 392. Querétaro. ISSN 0188-7297. 149 pp.

_____ 2014b. *Criterios de Sustentabilidad para Carreteras en México.* Luz Angélica Gradilla Hernández. Publicación Técnica Núm. 401. Querétaro. ISSN 0188-7297. 60 pp.

SE. 2016. Información proporcionada por la Secretaria de Economía, a través de la Subsecretaria de Comercio Exterior, en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación. Oficio Núm. 523/02/007/11.XI.16 con fecha de 11 de noviembre de 2016.

SECTUR. 2014. Guía Local de Acciones de Alto Impacto en Materia de Mitigación y Adaptación al cambio Climático en Destinos Turísticos Mexicanos. Secretaría de Turismo. México. 80 pp. http://www.sectur.gob.mx/2017/TuristismoSustentable/CambioClimatico/II.2.3%20Gui%CC%81a%20Local%20de%20Acciones%20de%20Alto%20Impacto%20Cambio%20Clima%CC%81tico%202014.pdf

SECTUR-CONACYT. 2014. Estudio de Vulnerabilidad y Programas de Adaptación ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Diez Destinos Turísticos Estratégicos, así como propuesta de un Sistema de Alerta Temprana a Eventos Hidrometeorológicos Extremos. FONDO SECTORIAL CONACYT-SECTUR PROYECTO Clave: 165452. Elaborado por: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C. Responsable Técnica: Dra. Andrea Bolongaro Crevenna Recaséns. http://www.sectur.gob.mx/programas/planeacion-y-politica-turistica/ordenamiento-turistico-sustentable/cambio-climatico/estudio-de-vulnerabilidad-al-cambio-climatico-en-el-sector-turistico/

SEDATU. 2015. Incidencia SEDATU en mitigación y adaptación al cambio climático (COP21-París, Francia). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/36306/Presentacion_Secretaria_Robles_20151204.pdf

_____ 2016a. Guía de Resiliencia Urbana 2016. Secretaria de Gobernación, Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Sistema Nacional de Protección Civil, ONU-Hábitat. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179708/Guia_de_Resiliencia_Urbana_2016.pdf

_____ 2016b. Ciudades sustentables, resilientes y seguras para detonar el desarrollo urbano. Artículo de difusión. https://www.gob.mx/sedatu/articulos/ciudades-sustentables-resilientes-y-seguras-para-detonar-el-desarrollo-urbano?idiom=es

SEDEMA. 2018. Avances del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020. Ponencia presentada por la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, en el marco del Tercer Encuentro Nacional México ante el Cambio Climático, el cual se llevó a cabo en la Ciudad de México del 17 al 20 de septiembre de 2018. http://encuentronacional.cambioclimatico.gob.mx/

_____ 2018. Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (2017). Programas de Acción climática delegacionales. http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/programas_accion_climatica_delegaciones.html

SEDESOL. 2016. Información proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Social, a través de la Subsecretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional, a la Dirección General de Políticas de Cambio Climático con Oficio Núm. 613. UPRI/307/2016 con fecha de 02 de mayo de 2016.

_____ 2017. Información proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Social, a través de la Subsecretaría de Desarrollo Social y Humano, en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación Nacional. Oficio Núm. SDSH/UMR/212/0470/2017 con fecha de 04 de abril de 2017.

SEDUMA. 2018. Avances en acciones ante cambio climático. Avances y retos de la gestión estatal en México. Ponencia presentada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA Yucatán), en el marco del Tercer Encuentro Nacional México ante el Cambio Climático, el cual se llevó a cabo en la Ciudad de México del 17 al 20 de septiembre de 2018. http://encuentronacional.cambioclimatico.gob.mx/

SEMADET. 2018. Acciones ante el Cambio Climático. Ponencia presentada por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET-Jalisco), en el marco del Tercer Encuentro Nacional México ante el Cambio Climático, el cual se llevó a cabo en la Ciudad de México del 17 al 20 de septiembre de 2018. http://encuentronacional.cambioclimatico.gob.mx/

SEMAR. 2014. Plan Marina de auxilio a la población en casos y zonas de emergencia o desastre. Armada de México. Estado Mayor General de la Armada. Oficio Núm. 750/2014. http://www.semar.gob.mx/planmarina/plan_marina.pdf

_____ 2016. Cuarto Informe de Labores 2015-2016. Secretaría de Marina. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/132439/CuartoInformeDeLabores_2_agosto_16_reduccion_F.pdf

_____ 2017a. Información proporcionada por la Secretaría de Marina a través de la Subsecretaría de Marina, Dirección General de Investigación y Desarrollo, Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación Nacional. Oficio DO. 106 OFICIO 731 con fecha del 31 de marzo de 2017.

_____ 2017b. Quinto Informe de Labores 2016-2017. Secretaría de Marina. https://transparencia.semar.gob.mx/informes_labores/5to_Informe%20de_Labores.pdf

SEMARNAT-GIZ. 2015. *Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático. Guía de uso y difusión.* México. 57 pp.

SEMARNAT. 2012. Análisis Espacial de las Regiones más Vulnerables ante la Sequía en México.

_____ 2013. *Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40*. Primera edición. SEMARNAT. México.

_____ 2014. *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. LOGROS 2014.

_____ 2015. *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. LOGROS 2015.

_____ 2016. *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. LOGROS 2016.

SEMARNAT-CECADESU. 2016. Lineamientos para el otorgamiento de subsidios. Hacia la Igualdad y Sustentabilidad Ambiental. Ejercicio Fiscal 2016. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104608/Lineamientos_Educacion_Ambiental_2016.pdf

SEMARNAT-CONABIO-CONAFOR-CONANP. 2017. *Visión Nacional de Manejo Integrado del Paisaje y Conectividad*. México.

SEMARNAT-INECC. 2015. Elementos Mínimos para la Elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas. Secretaría de Medio Ambiente y Recusos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Eds.). Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/46558/Elementos_m_nimos_para_la_elaboraci_n_de_Programas_de_Cambio_Clim_tico_de_las_Entidades_Federativas.pdf

SRE. 2017. Información proporcionada por la Secretaria de Relaciones Exteriores, a través de la Subsecretaria para Asuntos Multilaterales y Derechos Humanos, Dirección General de Temas Globales, en el marco de la elaboración de la Sexta Comunicación. Oficio Núm. DGTG-01210 con fecha de 27 de marzo de 2017.

UICN. 2012. *Adaptación basada en ecosistemas: una respuesta al cambio climático. 2012*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.

UNISDR. 2015. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

_____ 2009. *Adaptation to Climate Change by Reducing Disaster Risks: Country Practices and Lessons.* International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Geneve, Switzerland. 12 pp.

WBG. 2018. Población urbana (% del total). Data. https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS

Weigel, A.P., R. Knutti, M.A. Liniger y C. Appenzeller. 2010. "Risks of model weighting in multimodel climate projections." *Journal of Climate* 23: 4175-4191. DOI: 10.1175/2010JCLI3594.1.

World Bank. 2017. Mexico -Adaptation to Climate Change Impacts on the Coastal Wetlands in the Gulf of Mexico Project. Reporte No. ICR00004117. Washington, D.C.: World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/973851493918251343/Mexico-Adaptation-to-Climate-Change-Impacts-on-the-Coastal-Wetlands-in-the-Gulf-of-Mexico-Project

Zhang, X. y F. Yang. 2004: RClimDex (1.0): Manual del Usuario. Traducción de J.L. Santos. 22 pp. http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml

6

Financiamiento, tecnología y capacidades

6.1 Financiamiento climático en México 2012-2018

Las inversiones a nivel global para frenar el cambio climático son demasiado bajas, tanto como "tratar de utilizar un paraguas para enfrentarse a un huracán".

Patricia Espinosa
Secretaria Ejecutiva de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
Mayo 2018[1]

La Banca Nacional de Desarrollo, así como las fuentes internacionales y regionales de financiamiento, movilizaron entre 2012 y 2017 recursos financieros hacia México por más de $27,075 millones de dólares en créditos, apoyos, bonos y transferencias para la ejecución de proyectos de eficiencia energética en viviendas e industrias, proyectos de fuentes renovables de energía, y otras medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, que se recogen de manera puntual en este apartado.

Los recursos contabilizados corresponden a:

- Presupuesto público asignado en materia de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático;
- fondos aprobados para diversos proyectos del Fondo para el Cambio Climático;
- más de 40 proyectos del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía;
- recursos asignados del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACYT, que han fortalecido la toma de decisiones del sector ambiental;
- recursos comprometidos para proyectos y formación de recursos humanos del Fondo de Sustentabilidad Energética, y
- apoyos recuperables y no recuperables del Fondo Nacional de Infraestructura.

La cifra considera también proyectos del sector ambiental financiados por el BID en México entre 2013 y 2017, algunos montos colocados con bonos verdes por parte de NAFIN, el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México y del Gobierno de la Ciudad de México, así como algunas operaciones de programas como *NAMA Facility*, EcoCasa I, EcoCasa II y Eco Crédito empresarial.

Esta cifra sólo contabiliza asignaciones que, en su mayoría, figuran en informes anuales de las fuentes nacionales, multilaterales, regionales e internacionales reportadas. No es, por tanto, una cifra definitiva, sino una referencia parcial de la dinámica del flujo financiero destinado al medio

[1] Véase http://www.europapress.es/internacional/noticia-naciones-unidas-alerta-inversiones-nivel-global-frenar-cambio-climatico-son-demasiado-bajas-20180503051839.html.

ambiente en México entre 2012 y 2018 y un intento por establecer su monto.

El seguimiento contable de las actividades y sectores beneficiados por el financiamiento climático en México se ha constituido como una tarea importante, empero aún no resuelta. Por una parte, la disponibilidad de datos oficiales y confiables impone límites al análisis de los flujos de financiamiento ambiental existentes y, aunque los sectores de seguimiento son claramente específicos, las definiciones para su clasificación y adecuado rastreo resultan inconsistentes debido a la diversidad y complejidad de los instrumentos de financiamiento que, en el presente, ofrecen múltiples agencias de desarrollo internacionales y nacionales.

En este contexto, para México es fundamental establecer consensos conceptuales y mejorar las metodologías de medición, especialmente las de evaluación de los flujos en todo el sistema financiero, a través de una plena comprensión de la oferta actual de financiamiento ambiental en todos sus niveles, los actores involucrados y sus enfoques, objetivos y canales de conexión. Este proceso debe desarrollarse y evaluarse desde el tipo de instrumento financiero utilizado, el usuario y el tipo de impacto de interés, por ejemplo, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la calidad del aire y el agua, el ahorro de energía, y los cobeneficios inducidos, entre otros.

De esta forma, hasta el primer semestre de 2018, en México, como en el resto del mundo, se carece de una sistematización adecuada de información sobre los montos reales de la participación de flujos financieros para el clima que se monitorean y recolectan.

México y el primer mecanismo financiero de la CMNUCC

México fue uno de los primeros países en confirmar su adhesión a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y en ratificar el Protocolo de Kioto (PK). Además, fue el primer país en vías de desarrollo en presentar su contribución nacionalmente prevista y determinada (INDC, por *Intended Nationally Determined Contribution*), que se convirtieron, a la postre, en la contribución nacionalmente determinada (NDC, por *Nationally Determined Contribution*) bajo el Acuerdo de París (AP).

Desde los inicios del primer mecanismo financiero de la CMNUCC —el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)—, México se ha contado entre los países con mayor número de proyectos presentados y financiados con recursos de esa procedencia.

México ha desempeñado un papel de liderazgo en la construcción del diálogo entre las partes, especialmente entre países desarrollados y en desarrollo, en materia de cambio climático y, particularmente, en el tema de financiamiento. Como anfitrión de la decimosexta reunión de la Conferencia de las Partes (COP 16), realizada en Cancún en 2010, participó activamente en la promoción de la iniciativa de la creación del Fondo Verde para el Clima.

En el ámbito internacional no se ha establecido un consenso en torno del concepto de financiamiento del cambio climático, pero en México se ha logrado un avance, con la validación de diversos actores, de una definición amplia:

> El financiamiento internacional en materia de cambio climático es aquel proveniente de fuentes externas al país —de origen público o privado— orientado a facilitar e instrumentar la ejecución de la política nacional de cambio climático, así como las acciones que contribuyan a reducir emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, transitar hacia un desarrollo de bajo carbono, conservar e incrementar los sumideros de carbono, reducir la vulnerabilidad y mantener y

aumentar la resiliencia de sistemas humanos y ecológicos a los impactos y externalidades negativas del cambio climático, a través de medidas de adaptación, así como el desarrollo de políticas, programas y proyectos en la materia.

A pesar de ser un país en vías de desarrollo, con numerosos retos sociales y económicos, recursos financieros públicos limitados y una baja proporción en las emisiones mundiales de GEI a la atmósfera —no rebasan 2% de las emisiones globales—, México ha destinado cuantiosos recursos a cumplir con sus compromisos ante la COP y a enfrentar los retos del cambio climático, además de emprender múltiples acciones políticas, institucionales y legislativas.

El concepto de financiamiento climático y la CMNUCC

Enfrentar los retos para evitar que las concentraciones crecientes de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) en la atmósfera, debidas a actividades antropogénicas, eleven la temperatura media del planeta más de 2°C antes de que termine el siglo XXI y, al mismo tiempo, proteger a las comunidades vulnerables y en condiciones de pobreza de los efectos adversos del cambio climático, son tareas que requieren y demandarán, por varias décadas, grandes cantidades de recursos financieros.

Con la promulgación de la CMNUCC en 1992, durante la vigencia del PK (2005-2012)[2] y, en la actualidad, bajo el AP, el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y diferentes capacidades ha reflejado en todo momento el "espíritu" de las negociaciones entre las partes y ha sido determinante en la definición de los compromisos vinculantes en todos los aspectos, incluido el de la movilización de recursos financieros.

Bajo este principio, y aun cuando los compromisos de mitigación se modificaron significativamente con la sustitución del PK por el AP, se ha mantenido el convenio de que los países desarrollados signatarios del Anexo II[3] de la CMNUCC deberán apoyar a los países "no Anexo II" con recursos financieros "nuevos y adicionales" para cumplir con sus compromisos de elaboración del INEGYCEI, para la presentación de sus comunicaciones nacionales, así como para el desarrollo de políticas, programas y proyectos de mitigación, adaptación, transferencia de tecnología y creación de capacidades.

El financiamiento climático bajo la CMNUCC

A lo largo de la vigencia de la CMNUCC no se han resuelto las dudas sobre las magnitudes reales de los flujos financieros, se trate de los destinados por los países desarrollados del Anexo I de la CMNUCC o de los recibidos por los países en desarrollo y economías en transición.

Hasta la fecha, y a escala global, la magnitud de los recursos financieros destinados a la mitigación no ha sido suficiente para transformar los procesos de generación y consumo de energía, ni las prácticas de cambio de uso del suelo para inscribirse en una trayectoria de mitigación mínimamente satisfactoria, que permita asegurar que las concentraciones de GEI no rebasarán, hacia finales del presente siglo, las 530 partes por millón (ppm), umbral considerado por el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) como crítico, con grado de certidumbre mediano, para que el incremento en la temperatura media del planeta no rebase 2°C. Por añadidura, los compromisos de financiamiento

[2] El Protocolo de Kioto fue aprobado por la Conferencia de las Partes de la CMNUCC en diciembre de 1997, pero no fue sino hasta febrero de 2005 que entró en vigor.

[3] Hay 24 partes que conforman el Anexo II de la Convención; son miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Están obligados a proveer apoyo financiero y técnico a las economías en transición y los países en desarrollo, para ayudarles a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

hacia 2030, bajo el AP, no serán suficientes para alcanzar el objetivo último de la CMNUCC.

Desde esta perspectiva, uno de los temas de mayor controversia es el de la *adicionalidad* o contribución real de los recursos financieros destinados a la mitigación. Al respecto, cabe aclarar que, para algunos países constituyentes del Anexo II de la CMNUCC, recursos adicionales se entienden como la magnitud de recursos financieros necesarios para cubrir únicamente el costo adicional de las inversiones requeridas para la mitigación.

El tema del financiamiento climático para la adaptación genera mayor debate y desencuentro entre las partes de la CMNUCC que el de financiamiento para la mitigación. Cuantificar *ex ante* los recursos financieros necesarios para las políticas, proyectos y acciones de adaptación es una tarea mucho más compleja y está, en gran medida, condicionada por la situación sociodemográfica y económica, por la diversidad de los ecosistemas de las comunidades, por el nivel de desarrollo y fortaleza social de sus instituciones públicas o privadas y, sin duda, por el grado específico de vulnerabilidad frente al cambio climático y las experiencias de eventos climáticos desastrosos pasados.

La estimación de los recursos necesarios para la adaptación en los países en desarrollo depende, en gran parte, del grado de incertidumbre y de la manera de calcular el riesgo, tema que no sólo debe analizar las circunstancias presentes de la comunidad a proteger, sino también las amenazas a futuro, que a su vez dependen de estudios de evolución socioeconómica y demográfica de la comunidad, así como de escenarios climáticos y escenarios de posibles eventos catastróficos.

En la COP 16, realizada en Cancún, Q. Roo., se logró un importante avance en el tema al acordarse la creación del Comité Permanente de Financiamiento (CPF), junto con la creación del Fondo Verde. El CPF se creó para apoyar a la Conferencia de las Partes para el cumplimiento de sus funciones en relación con el mecanismo financiero de la convención, con las tareas de mejorar la coherencia y la coordinación en los informes del financiamiento climático, racionalizar el mecanismo financiero, movilizar los recursos financieros y la medición, reporte y verificación del financiamiento climático.

En su primer reporte de evaluación bianual, el CPF reconoce que la CMNUCC no tiene una definición de financiamiento climático. Además, que las fuentes que recolectan los datos y las instituciones que han llevado a cabo esfuerzos por presentar cifras agregadas, utilizan diferentes definiciones operativas.

De acuerdo con el IPCC, el financiamiento anual global, público y privado, para la mitigación y la adaptación, incluidas las transferencias internacionales, calculado como un promedio de los años 2010 a 2012, fluctuó entre $343,000 y $385,000 millones de dólares, de los cuales 95% se destinó a las acciones de mitigación. El flujo de recursos anuales destinados a los países en desarrollo se estimó entre $39,000 y $120,000 millones de dólares, calculados como un promedio de los flujos de los años 2009 a 2012, de los cuales entre $35,000 y $49,000 millones de dólares fueron de carácter público y el resto, principalmente, como inversión extranjera en forma de créditos o de adquisición de acciones. La mayoría de los recursos (65-75%) se administraron como flujos de capital privado, préstamos concesionales y donaciones.[4]

Con el objetivo de financiar el mercado de bonos de carbono del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), desde 1999 hasta 2014 se crearon casi cien fondos climáticos con un capital de $14,200 millones de dólares: 48% de capital privado, 29% gubernamentales y 23% mixtos. Por razones de confidencialidad, no se tienen datos certeros de los recursos privados provistos a los países en desarrollo (IPCC, 2016).

[4] Las cifras son del valor bruto total de las inversiones; es decir, no están calculados los costos de *adicionalidad* e incluyen los costos de mantenimiento, como son presentadas por los agentes financieros, que en su mayoría reportan el costo del proyecto y no los recursos desembolsados. Datos en dólares corrientes. La fuente principal de los datos del Grupo de Trabajo III del IPCC es: OECD y Agencia Internacional de Energía. *Monitoring and Tracking Long-Term Finance to Support Climate Action*, Barbara Buchner (CPI), Jessica Brown (ODI) and Jan Corfee-Morlot (OECD). 2011.

El financiamiento climático en México

La necesidad de jerarquizar el financiamiento climático en México surge, en mayor medida, por la escasez de recursos públicos o privados para desarrollar y brindar soporte a proyectos específicos que permitan el cumplimiento de las metas sectoriales que se han comprometido ante la CMNUCC, para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono, tal como se estipula en el objetivo 4.4 del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 (Gobierno de la República, 2013), (SEMARNAT, 2013) y (SEMARNAT-INECC, 2016).[5]

En el marco de la Agenda 2030, México enfoca su programa de desarrollo de forma tal que los cinco ejes del PND coinciden con las tres dimensiones de la Agenda (económica, social y ambiental) y que, a su vez, consideran los temas prioritarios que permiten alcanzar un desarrollo sostenible; entre ellos, combatir las desigualdades, propiciar la paz y seguridad y mitigar el cambio climático.

A pesar de que los objetivos de desarrollo referidos en la Agenda 2030 y en el PND no son excluyentes, y de que son compatibles con la política ambiental (**Cuadro 6.1**), la escasez de recursos origina una competencia entre los diversos objetivos de política pública nacional que limitan el flujo de capitales hacia objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático (Glemarec, 2011).

Se espera que, con la consecución de los compromisos de México en materia de combate al cambio climático, entre 2013 y 2030 se reduzca la intensidad de carbono del Producto Interno Bruto nacional en casi 40%, esfuerzo que equivale a reducir de 40 kg de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) a 24 kg CO_2e por cada $1,000 pesos de valor generado en la economía (INECC, 2017).

Con base en el artículo 80 de la Ley General de Cambio Climático (LGCC), el 30 de noviembre de 2012 se creó el Fondo para el Cambio Climático (FCC):

> …como un fideicomiso de administración y pago, mediante un contrato de fideicomiso, celebrado entre la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, como fideicomitente, y Nacional Financiera, Sociedad Nacional de Crédito, Institución de Banca de Desarrollo, como fiduciario, con la participación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (unidad responsable) (INECC, 2017).

Por otra parte, México ha mantenido el compromiso de promover y participar en el desarrollo institucional internacional para impulsar y fortalecer el financiamiento climático. En mayo de 2014, fue anfitrión de la 5a Asamblea del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), en la cual participaron representantes de 183 delegaciones gubernamentales; durante ese evento, como miembro fundador de ese fondo, México se comprometió a duplicar su aportación (FMAM, 2015). En julio de 2015, el gobierno mexicano firmó el compromiso de aportación al Fondo Verde para el Clima (FVC) por $10 millones de dólares (FVC, s/f) y fue de los primeros países en aportar a dicho fondo.

Para mejorar la información sobre los recursos públicos de carácter federal destinados a políticas, programas y proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático cada año, en 2013 se aprobó la creación del anexo transversal 15 del presupuesto de egresos de la federación (PEF) para mitigación del cambio climático. Así, desde esa fecha los presupuestos anuales de las dependencias gubernamentales que llevan a cabo acciones de mitigación y adaptación, deben reportar en un anexo específico las acciones programadas y los recursos financieros para realizarlas. Este apartado ha evolucionado y, a partir de 2015, incorporó previsiones en materia de adaptación al cambio climático y se denominó "Anexo 16: recursos para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático".

En 2013 el presupuesto asignado fue de $34,515 millones de pesos ($2,173 millones de dólares de 2017),[6] distribuidos en 38 programas; mientras

[5] El PND es el documento de política pública que funge como directriz de la acción gubernamental (Presidencia de la República y PNUD, 2016).

[6] Todas las cifras monetarias expresadas en dólares, indican precios constantes de 2017.

que en 2016, fueron etiquetados $44,533 millones de pesos ($2,483 millones de dólares). Es decir, hubo un incremento del 14 por ciento. En enero de 2018, el monto reportado en el PEF ascendió a $41,369 millones de pesos ($2,076 millones de dólares), lo que implicó una disminución del 6.7 por ciento con respecto a 2016.

Adicionalmente, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en colaboración con el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Canadá y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), realizaron, en agosto de 2015, el taller "Análisis de la información sobre financiamiento internacional hacia México en materia de cambio climático", cuyo objetivo fue "…debatir y acordar el marco metodológico sobre cuáles se considerarán actividades de cooperación internacional para el combate al cambio climático en México, así como el contexto alrededor del cual puede analizarse su impacto y seguimiento continuo a futuro" (SEMARNAT, 2015). En octubre de 2016, continuó esa colaboración para analizar el registro de los recursos financieros internacionales destinados a enfrentar los retos del cambio climático a través del Registro de la Cooperación Internacional para el Desarrollo (RENCID), que administra la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID).

En 2018, con el apoyo de múltiples instituciones nacionales e internacionales, en especial del programa de colaboración México-Dinamarca de cambio climático y energía, así como del PNUD, la SEMARNAT y el INECC coordinaron y desarrollaron la investigación "Costos de las contribuciones nacionalmente determinadas de México: medidas sectoriales no condicionadas", que permite identificar las necesidades de recursos financieros entre 2014 y 2030, con el fin de cumplir con la meta comprometida de disminuir las emisiones de GEI en 22%, respecto a un escenario de inacción (INECC, 2018). Esta información se puede consultar en el capítulo V de este documento.

Fondos de financiamiento climático

Fondos nacionales

Fondo para el Cambio Climático (FCC)

El fideicomiso del Fondo para el Cambio Climático (FCC) inició operaciones en 2013, con una aportación de la SEMARNAT por $10 millones de pesos (más de $630,000 dólares). El comité técnico del FCC, que opera desde febrero de dicho año, está constituido por representantes de diversas secretarías: SEMARNAT —que lo preside—; Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP); Secretaría de Gobernación; Secretaría de Energía (SENER); Secretaría de Economía (SE); Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), y como comisario, la Secretaría de la Función Pública (SFP). La organización Transparencia Mexicana participa como invitado permanente.

El Fondo tiene también como objetivo apoyar estudios e investigaciones que contribuyan al sistema nacional de cambio climático (SINACC), así como proyectos de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y transferencia de tecnología.

Las convocatorias para el acceso a los recursos, así como la evaluación de la viabilidad de los proyectos, son tareas del grupo de trabajo constituido por SEMARNAT, SHCP, SENER, SE y NAFIN.

De 2013 a 2018, el Fondo ha aprobado $68 millones de pesos ($3.79 millones de dólares) para once proyectos de educación, mitigación, estudios de necesidades regulatorias y adaptación de ecosistemas costeros en áreas naturales protegidas (SEMARNAT, 2016).

Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

El FOTEASE contó con una aportación inicial de $600 millones de pesos ($45.21 millones de dólares) y sus recursos se han utilizado para el desarrollo de proyectos enfocados a las energías renovables y eficiencia energética. Desde su creación, el PEF le ha asignado un total de $8 mil 794 millones de pesos (**Tabla 6.1**) ($565.45 millones dólares constantes de 2017).

La Ley de Transición Energética, aprobada en diciembre de 2015, establece en su artículo 48 que los objetivos de los Fondos para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) serán la captación y canalización de recursos financieros públicos y privados, nacionales e internacionales, para promover el cumplimiento de la estrategia nacional de transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía, así como apoyar los programas y proyectos en materia de eficiencia energética y energías limpias.

Tabla 6.1. Presupuesto otorgado por FOTEASE (pesos)

Año	Presupuesto otorgado
2008	$600'000,000.00
2009	$47'680,000.00
2010	$1,972'700,000.00
2011	$1,845'127,158.00
2012	$1,443'150,000.00
2013	$300'000,000.00
2014	$1,030'300,000.00
2015	$420'300,000.00
2016	$263'611,961.00
2017	$402'773,000.00
2018	$468'416,190.00
Total	$8,794'058,309.00

Fuente: SENER, 2018.

Hasta ahora ha autorizado 46 proyectos, de los cuales: 70.5% han sido relacionados con eficiencia energética; 12.6% con fuentes renovables de energía y eficiencia energética; 11.8% sólo con fuentes renovables de energía; 3.1% para estudios sobre fuentes renovables de energía y eficiencia energética, y 1.9% para difusión de tecnologías limpias, fuentes renovables de energía y eficiencia energética (SENER, 2018). Hasta diciembre de 2017, se encontraban vigentes 25 de estos proyectos.

Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACYT

En cumplimiento del objetivo 6 del *Programa Especial de Cambio Climático*, que establece: "Desarrollar, promover y aplicar instrumentos de política, información, investigación, educación, capacitación, participación y derechos humanos para fortalecer la gobernanza ambiental", y en la estrategia 6.4, se estipula promover y facilitar el acceso de información ambiental suficiente, oportuna y de calidad, mediante el aprovechamiento de nuevas tecnologías de información y comunicación.

En este marco se insertan los Fondos Sectoriales de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para generar información que apoye la toma de decisiones en el sector ambiental, y entre ellos se cuenta el Fondo Sectorial de Investigación Ambiental FSIA-SEMARNAT, cuyo objetivo es "impulsar y fortalecer la investigación aplicada y la innovación tecnológica orientadas a los temas ambientales prioritarios de México, a fin de contar con la mejor información científica y técnica disponibles para fortalecer la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas".

El FSIA SEMARNAT-CONACYT es un instrumento de política científica para apoyar los requerimientos del sector ambiental en materia de investigación científica aplicada, tecnológica y de innovación, mediante el apoyo a proyectos con recursos del fideicomiso conformado con las aportaciones de CONACYT y SEMARNAT (CONACYT, 2016). Durante el periodo 2014-2016, el FSIA apoyó 59 proyectos de 37 instituciones.

Bonos verdes

Los bonos verdes son instrumentos de financiamiento exclusivo para proyectos de bajas emisiones y aumento de resiliencia en áreas como transporte limpio, agua y adaptación; manejo de residuos y captura de metano; agricultura, forestación, bioenergía, y cadenas de abastecimiento de alimentos (INECC, 2016; Grupo BMV, 2016).

En 2015, Nacional Financiera (NAFIN) emitió el primer bono verde en América Latina, por 500 millones de dólares, para proyectos de generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía. Cuenta con certificación sustentable internacional[7] y una demanda superior a $2,500 millones de dólares. En septiembre de 2016 se realizó una segunda oferta por $2,000 millones de pesos (primer bono verde en pesos), casi $106 millones de dólares (BID, 2017); NAFIN, 2016; NAFIN, 2017).

Hasta septiembre de 2016, la cartera verde de energía eólica de NAFIN había contabilizado $332.1 millones de dólares en ocho proyectos eólicos con una capacidad instalada de 1,198 MW, que mitigan 1.76 millones de toneladas CO_2 al año, de las cuales aproximadamente 14% correspondería a la inversión de NAFIN (NAFIN, 2016a).

En 2016, el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México colocó un bono verde a dos plazos: *1)* $1,000 millones de dólares a 10 años y *2)* $1,000 millones a 30 años, para financiar la nueva infraestructura aérea, en materia de fuentes renovables de energía y conceptos de eficiencia energética, incluidas mejoras en consumo de agua (LEDS LAC, 2017;[8] Grupo BMV, 2016).

En ese mismo año, el Gobierno de la Ciudad de México emitió $1,000 millones de pesos ($53 millones de dólares) a cinco años para el financiamiento de proyectos sustentables relacionados con distribución eficiente del agua y manejo de aguas residuales, eficiencia energética en el alumbrado público con lámparas LED[9] y para el mejoramiento del Sistema de Transporte Colectivo Metro (Roa, 2016).

Banca nacional de desarrollo y la inversión en proyectos verdes

La banca nacional de desarrollo (BND) es uno de los principales canales de financiamiento público para adaptación y mitigación del cambio climático. Facilita el acceso al financiamiento para sectores y acciones contenidas en la CND y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS); cuenta con la capacidad para evaluar instrumentos financieros acordes con las necesidades de introducción tecnológica para la consecución de las metas; funge como vínculo entre la banca de desarrollo internacional y actores nacionales; explora y aplica metodologías para mitigar el riesgo asociado con las inversiones para sectores y actividades, y suele operar, al menos parcialmente, en función de políticas de respuesta al ciclo económico,[10] todo bajo un enfoque de largo plazo (BID, 2017; BID, 2017a).

El Banco Interamericano de Desarrollo estima que para infraestructura urbana, eficiencia energética en la industria y fuentes renovables de energía serán necesarias inversiones en México de al menos $188,000 millones de dólares y que, en comparación con los niveles presentes de inversión, hay una brecha de inversión de $36,000 millones al año, especialmente en infraestructura urbana (BID, 2017b).[11]

Nacional Financiera (NAFIN)

Los apoyos de NAFIN se dirigen principalmente a las acciones de mitigación, mediante algunos instrumentos como créditos y garantías para la genera-

[7] El bono verde en dólares y el bono verde en pesos cumplen los estándares de *Green Bond Principles* y *Climate Bonds*, organizaciones que supervisan que este tipo de instrumentos financieros cumplan con los criterios necesarios y exigibles para que puedan ser considerados verdes (NAFIN, 2017).

[8] "LED LAC es una red de organizaciones e individuos que trabajan en la promoción, diseño e implementación de LEDS en Latinoamérica y el Caribe." (http://ledslac.org/es/quienes-somos/) De LED (light-emitting diode, diodo emisor de luz) y LAC (Latinoamérica y el Caribe).

[9] Las lámparas o luminarios con diodos emisores de luz o LED, por sus siglas en inglés, cuentan con un dispositivo de alta eficacia luminosa (cantidad de luz emitida por watt de potencia consumido) y una vida útil más larga en comparación con lámparas incandescentes y fluorescentes. Esto permite ahorros considerables del consumo de electricidad y factura energética.

[10] Es usual que la banca de desarrollo colabore en la instrumentación de políticas contracíclicas, en las que en los periodos de recesión se impulse el gasto público.

[11] De manera preliminar, el INECC estima que las medidas de mitigación para el cumplimiento de la CND requerirán inversiones de alrededor de $126,000 millones de dólares en el periodo 2014-2030 (INECC, 2017).

ción con fuentes renovables de energía y nuevos sistemas de transporte.

Entre las operaciones de financiamiento que otorga se encuentran las del bono verde ($500 millones de dólares) y el bono verde en pesos ($2,000 millones de pesos, equivalentes a $115 millones de dólares) para la creación de parques eólicos; el crédito empresarial; el programa de "energías renovables", y el programa de financiamiento y transferencia de riesgos para geotermia. En materia de transporte, NAFIN otorga créditos mediante el programa de financiamiento para adquisición de taxis híbridos y el programa de financiamiento del parque vehicular de transporte colectivo de pasajeros.

En alineación con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) de la administración federal 2012-2018, otorgó financiamiento de corto, mediano y largo plazos a empresas o intermediarios financieros nacionales e internacionales, públicos y privados para proyectos orientados hacia un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales y la generación de valor agregado (NAFIN, 2014).

Entre 2013 y 2016, de los proyectos sustentables apoyados por NAFIN destacan el programa de eficiencia energética Eco Crédito Empresarial (en 2016 se otorgaron 5,328 créditos, por un monto de $262 millones de pesos, equivalentes a $14.6 millones de dólares); múltiples desarrollos eólicos y solares en Coahuila, Oaxaca, Sierra Juárez, Chiapas, Puebla y Nuevo León; centrales hidroeléctricas en Nayarit y Puebla, y Red Compartida Mayorista, entre otras (NAFIN, 2014; NAFIN, 2015; NAFIN, 2016a; NAFIN, 2017).

Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)

En materia de cambio climático, BANOBRAS ha financiado proyectos de mitigación en sectores como comunicaciones y transportes, energía, agua, residuos sólidos e infraestructura social y urbana. Los beneficiarios principales han sido gobiernos estatales, municipales y desarrolladores privados de infraestructura.

Ha movilizado un monto de aproximadamente $7,000 millones de dólares, asignados a dos operaciones principales: *1)* proyecto de transformación del transporte urbano (PTTU), que otorga recursos con tasas de interés concesionales del Fondo de Tecnología Limpia para el sector transporte, y *2)* ciudades emergentes y sostenibles, que asigna donaciones del Fondo Verde para el Clima (FVC), en colaboración con Banco Mundial, para estudios de transporte y movilidad (Banobras, 2017).

Sociedad Hipotecaria Federal (SHF)

La SHF otorga créditos a proyectos de mitigación y adaptación en temas relacionados con la creación de viviendas. Los programas EcoCasa I y EcoCasa II financian a desarrolladores que construyen viviendas para familias con ingresos menores que doce salarios mínimos y que reduzcan, en al menos un 20%, las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con una casa tradicional. Los resultados de sus principales operaciones son:

- EcoCasa I (2013-2020): desde su inicio y hasta el cierre en 2016 se certificaron 43 desarrolladores en 19 estados con 132 proyectos y 38,590 viviendas financiadas con $6,909 millones de pesos ($385.27 millones de dólares) (SHF, s.f.)
- EcoCasa II (2016-2023): se espera financiar más de 10,000 viviendas.
- *NAMA Facility*: el fondo realizó un aporte financiero por €14 millones de euros en dos rubros: *1)* componente de cooperación financiera, y *2)* componente de asistencia técnica. Con estos recursos se espera financiar más de 8,000 viviendas.
- Componente LAIF[12] del Programa EcoCasa (2014-2019): SHF recibió recursos no reembolsables de la Facilidad de Inversión en América Latina de la Unión Europea de €7 millones de euros para la construcción de "viviendas pasivas" o de "alta eficiencia" (SHF, s.f. a).

[12] Facilidad de Inversión en América Latina (LAIF, por Latin America Investment Facility). Tiene como principal objetivo promover la inversión en infraestructura en los sectores ambiental, energético y transporte.

La meta de estos programas es cubrir el financiamiento de 50,000 viviendas sustentables para 2020 con reducción de hasta 20% de emisiones de CO_2e, y adicionalmente, 800 casas pasivas con reducción de hasta 80% de emisiones de CO_2e (SHF, s.f.).

Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE)

Creado para impulsar la investigación científica y tecnológica, este Fondo financia programas de mitigación y adaptación mediante donaciones para proyectos de eficiencia energética, fuentes renovables de energía, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía.

Desde su creación en 2008 y hasta 2015 el Fondo emitió 13 convocatorias y brindó apoyo a 118 proyectos. Al cierre de 2015, BANOBRAS reportó un patrimonio del Fondo de $4,974 millones de pesos ($250 millones de dólares). En 2015 se contabilizaron 65 proyectos por un monto de $357 millones de pesos ($20.8 millones de dólares) y 52 proyectos autorizados. Además, se comprometieron recursos por $2,272 millones de pesos ($120.2 millones de dólares).

En el área de formación de recursos humanos especializados en materia de energía, se autorizaron $224 millones de pesos ($13 millones de dólares) para 207 programas de especialización y $5 millones de pesos ($300,000 dólares) para posdoctorados. Además, se comprometieron $1,527 millones de pesos ($80.8 millones de dólares) en seis convocatorias para becas en el Centro Mexicano de Captura, Uso y Almacenamiento de Dióxido de Carbono (CEMCCUS), el Fondo Sectorial CONACYT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética-Innovate UK, la Cooperación Internacional de Investigación en energía geotérmica con la Unión Europea, el Centro Mexicano de Innovación en Redes Eléctricas Inteligentes y en estancias posdoctorales en México (SENER, 2016).

Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)

Este fondo financia proyectos relacionados con la creación y uso de fuentes renovables de energía y residuos sólidos, por medio de aportaciones y subvenciones. Mediante sus financiamientos se han creado gasoductos en Tlaxcala, Morelos y el Estado de México, y se han realizado programas de estudios y gestión de residuos sólidos (BANOBRAS, 2017).

Durante 2016, el FONADIN autorizó poco más de $25,600 millones de pesos ($1,427 millones de dólares) para apoyos recuperables (49%) y no recuperables (51%). El 28% de los apoyos no recuperables se autorizó para proyectos de agua y residuos sólidos; 18% para carreteras, y el 13% para transporte masivo. En el caso de apoyos recuperables, 70% se otorgó a carreteras, 19% a fondos de inversión y 11% a energía (BANOBRAS, 2017).

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

El Fideicomiso apoya, mediante créditos y donaciones, programas mixtos de mitigación y de adaptación relacionados con el ahorro y la eficiencia energética.

Un ejemplo exitoso de sus operaciones es el programa Eco-Crédito Empresarial, el cual otorga financiamiento a pequeñas y medianas empresas (PYMES) para la sustitución de equipos ineficientes por otros de alta eficiencia, así como para adquisición de tecnologías eficientes con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica y, por ende, el pago por este insumo (FIDE, 2017).

Hasta agosto de 2017, superó $1,000 millones de pesos ($52.9 millones de dólares) en créditos otorgados a 22,270 PYMES de forma acumulada desde su inicio en 2013, que se utilizaron para adquirir 34,095 equipos de alta eficiencia, con los cuales se evitó la emisión de 54,531 toneladas de CO_2 y se logró un ahorro de 120.11 GWh/año (FIDE, 2017).

Mecanismo de desarrollo limpio (MDL)[13]

A través del MDL, que se deriva del Protocolo de Kioto, los países desarrollados financiaron, en países en desarrollo, proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y recibieron a cambio certificados de reducción de emisiones (CER, por sus siglas en inglés), un tipo de bono de carbono creado para reducir emisiones de GEI, aplicable a su propio compromiso de reducción (INECC, 2016a).

En el caso de México, a partir del inicio del MDL en 2005, a junio de 2014, los proyectos mexicanos

[13] Proyectos ejecutados con reducciones certificadas de emisiones.

recibieron un total de 23,868,978 CER, en su mayoría en las categorías de emisiones industriales y proyectos eólicos (INECC y SEMARNAT, 2015). Debido a la caída en los precios de los bonos, a partir de 2013, no se registraron nuevos proyectos en México; sin embargo, los ya registrados en el MDL seguirán obteniendo bonos de carbono y aquéllos que cuentan con una carta de aprobación podrán ser registrados en el futuro (INECC, 2016).

Cerca de la mitad de las reducciones certificadas emitidas por proyectos registrados en el MDL correspondió a emisiones de gases industriales: 24% por generación de electricidad mediante energía eólica; poco más de 20% por rellenos sanitarios y manejo de residuos en granjas porcícolas, y el resto por proyectos registrados relacionados con transporte e hidroeléctricas, entre otros (**Figura 6.1**) (INECC, 2016).

Financiamiento nacional para la adaptación

México ha sido beneficiario de financiamiento internacional para la adaptación al cambio climático en las modalidades bilateral, regional y multilateral, con el cual se han apoyado el diagnóstico de vulnerabilidad y el diseño y ejecución de acciones de adaptación en diferentes ámbitos. Resultan de especial importancia las iniciativas y actividades que se llevan a cabo en el esquema de Cooperación Sur-Sur y Triangular, donde México ha brindado asesoría diversa a la región de América Latina y el Caribe.

Cabe mencionar que, en 2014, el Fondo para el Cambio Climático de México financió el primer estudio relacionado con el tema de capacidad adaptativa, único hasta la fecha, denominado "Proyecto Carbono Azul", en las reservas de la biósfera (RB) Sian Ka'an, La Encrucijada y Marismas Nacionales Nayarit, ubicadas en las costas del Mar Caribe y el Océano Pacífico.

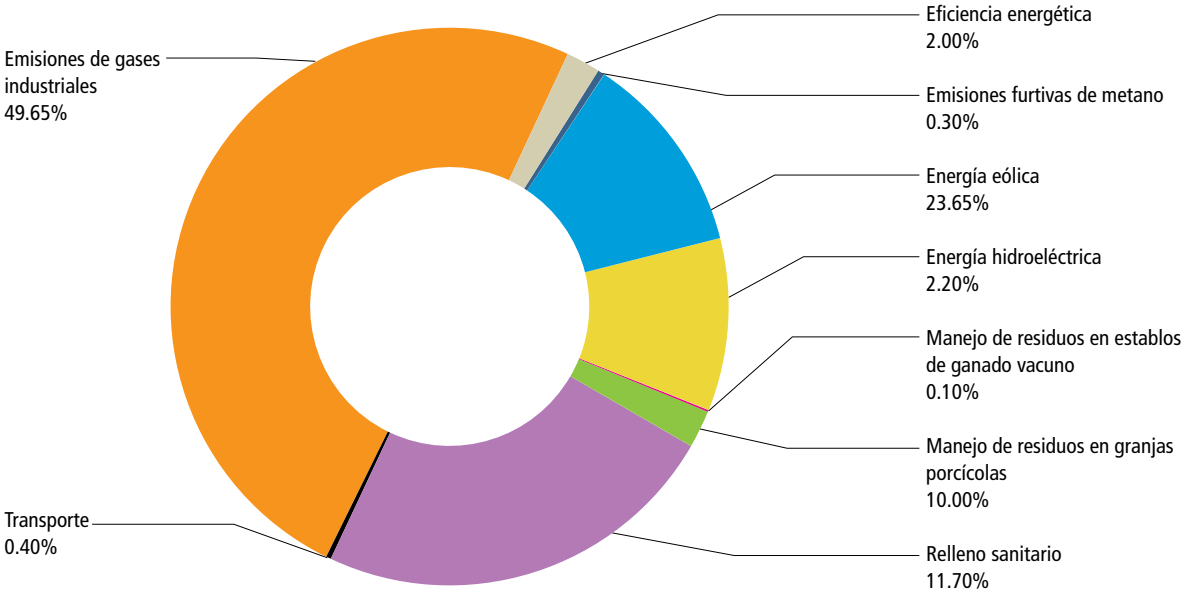
Fondos internacionales

Fondo Verde para el Clima (FVC)

Durante las negociaciones de la COP 16, México, Corea del Sur y varias delegaciones del G77+China,[14]

[14] Grupo compuesto por 77 países en vías de desarrollo más China, cuyo objetivo es apoyarse mutuamente en las deliberaciones de la ONU, en este caso, en el contexto de las negociaciones de la Convención Marco sobre Cambio Climático.

Figura 6.1. **Porcentaje de reducción de emisiones de CO_2e por bonos de carbono de los proyectos MDL, al 31 de diciembre de 2016**



Fuente: INECC, 2016a.

lograron que la asamblea aprobara la constitución del Fondo Verde para el Clima (FVC), que un año después sería reconocido como mecanismo financiero de la Convención, junto con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

Como parte de sus compromisos en la CMNUCC, en julio de 2015, el gobierno mexicano firmó un compromiso de aportación al FVC y comenzó con $10 millones de dólares. En la actualidad, México participa en dos proyectos aprobados por la Junta del FVC: *1)* proyecto de bonos verdes para eficiencia energética en América Latina y el Caribe, y *2)* financiamiento de riesgo compartido para la resiliencia climática en la agricultura de bajas emisiones para micro, pequeñas y medianas empresas (MPYMES) (GCF, s/f).

1) Proyecto de bonos verdes para eficiencia energética en América Latina y el Caribe

Este proyecto fue aprobado en noviembre de 2015 y tendrá una duración de seis años. Se trata de apoyar, por el lado de la demanda, el tema de eficiencia energética en América Latina y el Caribe, a través de bonos verdes. Utiliza el concepto de agregación para movilizar los fondos institucionales a pequeñas y medianas empresas de servicios de energía.

Durante la undécima reunión de la junta de gobierno del FVC se aprobaron $20 millones de dólares como garantías de crédito parcial para México, como fase piloto del proyecto, y $2 millones de dólares como donación para el desarrollo del programa, para facilitar su reproducción en América Latina y el Caribe, bajo la fase II del programa. La Junta también asignó $195 millones de dólares para la fase II del programa, y se comprometió la financiación, sujeta a aprobación por el Consejo, en varios tramos a lo largo de los próximos cinco años.

2) Financiamiento de Riesgo Compartido

En este proyecto México participa junto con Guatemala. Tiene por objetivo facilitar el financiamiento para pequeños y medianos productores agrícolas para que puedan llevar a cabo acciones de resiliencia frente al cambio climático.

La inversión total del proyecto se estima en $158 millones de dólares, de los cuales el FVC ha aprobado la asignación de $5.4 millones para crédito, $1.5 millones para garantías, $11 millones para acciones y $2.1 millones para donaciones.

Se espera que el proyecto cuente con cofinanciamiento del BID como inversión privada por $10 millones de dólares en donaciones, acciones y garantías, y $128 millones de dólares de inversionistas privados e institucionales.

Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)

Desde 1994, cuando inició la operación del FMAM, y hasta la fecha, México ha obtenido de ese fondo $724 millones de dólares para financiar 108 proyectos, en los cuales se han invertido como cofinanciamiento poco más de $5,600 millones de dólares y se han logrado obtener $13 millones de dólares del programa de donaciones para preparación de proyectos.

Del sistema 5 para la asignación transparente de recursos (STAR-5, por las siglas de *System for Transparent Allocation of Resources*), del FMAM, cuyo periodo de ejecución fue de 2011 a 2014, a México se le aprobaron $40 millones de dólares para financiamiento de proyectos relacionados con acciones de cambio climático y, a la fecha, ha utilizado 38.2 millones de dólares.

Dentro del STAR-6, cuyo periodo de vigencia será de 2014 a 2018, de una asignación indicativa del FMAM hacia México para proyectos y acciones de cambio climático, por $27.7 millones de dólares, hasta ahora se han otorgado $20.8 millones.

Proyectos para acciones frente al cambio climático reportados por el BID

El BID otorga apoyos en rubros de mitigación y adaptación con la meta de duplicar, para 2020, el financiamiento climático, a través de cooperación técnica con recursos no reembolsables (BID, 2015).

México podría acceder a recursos no reembolsables de las cooperaciones técnicas regionales. Por ejemplo, mediante el proyecto para el acompañamiento de las CND *"Financing Implementation of Intended Nationally Determined Contributions"*;

apoyo regional para acceder al Fondo Verde del Clima; cooperación técnica para el programa EcoCasa, y el programa NDCInvest.

Algunos proyectos que ha financiado entre 2013 y 2016 son programas financieros para la inversión y gestión de riesgos en proyectos de gas, y para geotermia, asistencia técnica y financiera en el área de gestión de agua, así como apoyo a damnificados de las tormentas tropicales Ingrid, Manuel, Odile, Earl y el huracán Patricia (BID, 2015a; BID, 2015b; BID, 2015c; BID, 2015d; BID, 2016; BID, 2016a; BID, 2017c; BID, 2017d; BID, 2017e).

También se llevaron a cabo programas de bonos verdes de proyectos de eficiencia energética que consisten en una línea revolvente de crédito que se acumulará en una cartera de proyectos de eficiencia energética desarrollados por "ECON soluciones Energéticas Integrales" en instalaciones de Pemex hasta por $150 millones de dólares, compuesta por un préstamo del BID hasta por $100 millones de dólares y un préstamo del Fondo Chino de Cofinanciamiento para América Latina y el Caribe por $50 millones dólares (BID, 2015e).

En 2017, se prepararon el programa de apoyo a la implementación y fortalecimiento de la reforma energética, y el programa de ciudades emergentes y sostenibles en ciudades mexicanas.

Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN)

Como una de las consecuencias de la firma del Tratado de Libre Comercio, los gobiernos de México y Estados Unidos firmaron el acuerdo de creación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y, para el financiamiento de sus proyectos, crearon el Banco de Desarrollo de América del Norte.

El BDAN es administrado en forma conjunta por los gobiernos de ambos países, y su objetivo fundamental es apoyar en el desarrollo de la infraestructura y de protección del medio ambiente en la zona fronteriza.

Sus principales áreas de financiamiento son el suministro de agua potable, tratamiento de aguas residuales y de residuos sólidos municipales, la calidad del aire, energía limpia y residuos peligrosos.

Desde 1994 y hasta 2018 el BDAN ha otorgado un total acumulado de aproximadamente $3,010 millones de dólares en préstamos y donaciones para contribuir al financiamiento de 244 proyectos certificados cuyo costo se estima en un total de $9,320 millones de dólares para instrumentarse plenamente. Del financiamiento contratado, 94% se ha desembolsado a los patrocinadores de los proyectos para la realización de 235 proyectos. De los 244 proyectos financiados por el Banco, 183 han completado actividades de construcción y financiamiento (excepto para la amortización de préstamos) y/o han sido concluidos (BDAN, 2018).

Fondo de Cooperación entre la FAO y México

El 8 de marzo de 2018, a través de la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo, México anunció, junto con la FAO, la creación de un fondo de cooperación con la aportación de $4.3 millones de dólares, para colaborar con países del Caribe y de Centroamérica, para la resiliencia frente al cambio climático. El fondo tiene como tarea apoyar la preparación de proyectos en esos países para que puedan acceder a los fondos del FVC y del FMAM, con la expectativa de alcanzar una movilización de $300 millones de dólares para la región.

Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques

Bajo las políticas y estrategias de protección de los recursos forestales del país, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) participa en el programa de las Naciones Unidas REDD+, cuyos objetivos son reducir las emisiones de GEI generadas por la deforestación y degradación de los bosques, así como fortalecer la conservación, el manejo sustentable de los bosques y mejorar las reservas de carbón forestal (CONAFOR, 2015).

En diciembre de 2016, la ventanilla financiera Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques, del Banco Mundial, que opera a través del Fondo de Preparación y del Fondo de Carbono, acordó con la CONAFOR un apoyo financiero de

mediano plazo por $271.4 millones de dólares, compuesto por diferentes inversiones de recursos que administran el Fondo de Preparación y Fondo de Carbono Forestal, para actividades relevantes.

Con el apoyo financiero del Gobierno de Noruega y bajo la Cooperación Sur-Sur, se acordó un apoyo por $14.5 millones de dólares para la preparación de REDD+ en el proyecto de cambio climático y bosques, y dos préstamos, uno por $254 millones de dólares, y otro por $9.3 millones de dólares, además de una donación por $11.5 millones de dólares del Programa de Inversión Forestal.

Bajo la Alianza para el Carbono Forestal, para acciones de ejecución en cuencas prioritarias, a través del mecanismo de participación local, con el apoyo del Fondo para Inversiones en Latinoamérica, CONAFOR ha obtenido una donación por $2.4 millones de dólares.

Fondo de BioCarbono, iniciativa para paisajes forestales sustentables

La iniciativa de paisajes forestales sustentables (ISFL, por sus siglas en inglés), que promueve el Fondo de BioCarbono, administrado por el Banco Mundial, tiene como objetivo "fortalecer la gestión forestal, conservación y desarrollo de negocios para apoyar a las comunidades locales y otros tenedores en forma sostenible, la gestión de los bosques, así como aumentar las oportunidades económicas de los recursos forestales".

Bajo esta iniciativa, la CONAFOR ha suscrito un compromiso por $10 millones de dólares, para promover el desarrollo forestal sustentable, modificar las prácticas de cambio de uso del suelo hacia la agricultura y la ganadería, con apoyos directos e indirectos para las comunidades rurales poseedoras de los bosques, medidas que permitirán que CONAFOR contribuya al logro de la meta de reducción de emisiones en 22% hacia el año 2030, de acuerdo con la CND de México.

Fondos de Inversión Climática

La iniciativa Fondos de Inversión Climática (CIF, por sus siglas en inglés) opera únicamente a través de la banca multilateral de desarrollo y tiene al Banco Mundial como administrador de los recursos. Cuenta con las aportaciones de 18 países donantes y recursos por $8,000 millones de dólares. Desde 2008 hasta la fecha, ha apoyado ocho proyectos en México.

De acuerdo con la información de los CIF, desde 2011 hasta 2018 se han financiado ocho proyectos para eficiencia energética en el desarrollo de la vivienda sustentable con energías limpias, el transporte urbano y el aprovechamiento forestal sustentable de pequeños productores, por un monto superior a $360 millones de dólares.

Toda vez que los CIF operan como un intermediario financiero para colocar los recursos a través de la banca multilateral de desarrollo, los proyectos reportados también aparecen en la cartera de proyectos de dichos bancos, hecho a tomar en cuenta para evitar la duplicidad en las cifras del financiamiento climático destinado a México.

Banco de Desarrollo de América Latina (CAF)

El CAF apoya las acciones de mitigación y adaptación mediante operaciones de crédito, recursos no reembolsables y soporte en la estructuración técnica y financiera de proyectos de los sectores público y privado de América Latina, que contribuyan al desarrollo de una economía baja en carbono. Posee dos tipos de operaciones de financiamiento: el programa de adaptación al cambio climático y el programa estratégico de mitigación de cambio climático, ambos con operaciones en México.

Entre 2014 y 2016 financió proyectos en áreas diversas, tales como planes urbanos para la movilidad verde y eficiente; fortalecimiento de capacidades institucionales en materia de gestión y uso responsable del agua en la Ciudad de México y el Gran Acuífero Maya; acompañamiento sobre el tema de ordenamiento territorial y urbano; apoyo al Centro Mario Molina para la preparación de un análisis de gestión del riesgo y vulnerabilidad ante el cambio climático y eventos extremos para el sector carretero de México, entre otros (CAF, 2012; CAF, 2014; CAF, 2015; CAF, 2016).

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)

USAID (United States Agency for International Development) es una agencia dedicada a apoyar proyectos relacionados con mitigación, fuentes renovables de energía y cambio climático, y ofreció asistencia técnica por un monto de $25 millones de dólares, ejecutables a partir de 2016. Los proyectos aprobados deben relacionarse con los temas de fuentes renovables de energía y cambio climático. Actualmente se encuentra vigente la segunda fase de su programa para el desarrollo bajo en emisiones de México (MLED, por Mexico Low Emissions Development Program).

Durante 2014-2018, ha apoyado al gobierno mexicano en el desarrollo de estrategias de bajas emisiones dentro de los sectores de energía, forestal y agrícola, de las cuales destacan: asistencia técnica para el desarrollo de la *Estrategia de Cambio Climático de México*; apoyo en el desarrollo de curvas de costo y mitigación para estrategias de disminución de GEI; desarrollo de un modelo de protección social y de medio ambiente para REDD; desarrollo de un mapa de carreteras de planeación total para la integración de fuentes renovables de energía dentro de la red eléctrica de México; inicio del programa regional REDD+ en la Península de Yucatán, y la creación de una red de aprendizaje, capacitación e intercambio para expertos técnicos en cambio climático y energía (USAID, 2015).

Programa de colaboración México-Dinamarca en materia de energía y cambio climático

Es un programa de intercambio de mejores prácticas para el diseño de políticas que impulsen el desarrollo bajo en emisiones, mediante el uso de fuentes renovables de energía, fomento de la eficiencia energética y acciones de mitigación.

En 2013 se firmó el "Convenio específico para la implementación del programa de energía y mitigación de cambio climático en México", que abordó tres componentes: mitigación del cambio climático; fuentes renovables de energía, y eficiencia energética, con un respaldo presupuestal equivalente a poco más de $100 millones de pesos ($6.3 millones de dólares) en cooperación técnica durante el periodo 2014-2017 (SEMARNAT, 2015).

A partir de 2017, contó con 45,000,000 DKK (coronas danesas, poco más de $7 millones de dólares), suma donada para el financiamiento de proyectos de mitigación, adaptación y mixtos, encaminados al cumplimiento de los compromisos que ha adquirido México para la reducción de emisiones y la transición hacia un sector energético bajo en carbono.

En 2017 se anunció un nuevo programa de colaboración en mitigación de cambio climático y energía, el cual entró en vigor a partir del 1 de julio de 2017 por un monto de 34,000,000 DDK, equivalente a $4.8 millones de dólares aproximadamente, de 2017 a 2020.

Banco de Desarrollo Alemán (KFW)

Por medio del *Kreditanstalt für Wiederaufbau* (Banco de Crédito para la Reconstrucción) se ejecuta la Cooperación Financiera de Alemania con los países en desarrollo en nombre y por cuenta del Gobierno Federal Alemán. Apoya proyectos relacionados con la mitigación de emisiones, mediante préstamos concesionales y promocionales.

El dinero se canaliza a México a través de NAFIN y se otorga, por ejemplo, para proyectos de eficiencia energética en PYMES; a la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) para el programa de EcoCasa; al Banco de Comercio Exterior para proyectos de energía solar fotovoltaica, y a BANOBRAS para temas de fuentes renovables de energía.

Adicionalmente, en el marco del programa de promoción de transferencia tecnológica e innovación para la producción de energía baja en carbono, el Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT) cuenta con una línea de crédito concesional hasta por €80 millones de euros, para financiar proyectos de energía solar y fotovoltaicos, más un segundo crédito por $100 millones de dólares destinados a proyectos de fuentes renovables de energía y eficiencia energética (BANCOMEXT, 2016).

En 2013, KFW apoyó la introducción de EcoCasa en cooperación con el BID. El programa tiene una duración prevista de siete años y plantea una

movilización de $500 millones dólares para inversiones privadas en la construcción de más de 38,000 viviendas de bajo consumo energético y 600 casas "pasivas" para familias de bajos ingresos (KFW, 2014).

En 2014, debido a la creciente importancia del mercado mexicano, KFW abrió una nueva oficina de representación en México. En 2016, en el marco del Año Dual México-Alemania, la Canciller Angela Merkel anunció la asignación de un crédito por €100 millones de euros para la instrumentación de proyectos de fuentes renovables de energía y eficiencia energética en México (KFW, 2014).

Financiamiento para la adaptación al cambio climático

En los países en desarrollo hay inequidad en la distribución de los montos de financiamiento climático: mitigación, 70%; adaptación, 25%, y cambio climático en general, 5 por ciento. Entre 2006 y 2014, en México particularmente, 55% del financiamiento internacional correspondió a mitigación y 30% a adaptación.

El financiamiento climático se refiere al financiamiento local, nacional o internacional, que puede obtenerse de fuentes públicas, privadas o una combinación de ambas. El financiamiento se otorga en forma de préstamos, donaciones, líneas de crédito o cooperación técnica dirigidas al fortalecimiento de capacidades, la investigación y el desarrollo de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático.

En el AP se reconoce que la adaptación es un desafío mundial, que la necesidad actual de adaptarse es indiscutible y que el suministro de recursos financieros requiere de un equilibrio en la atención de la adaptación y la mitigación. Sin embargo, en el ámbito internacional, los fondos destinados al cambio climático se concentran en la mitigación, ya que al menos en 2013 y 2014 representaron más de 70% del total, mientras que los fondos para adaptación proporcionados a los países en desarrollo representaron aproximadamente 25% del financiamiento total (UNFCCC, 2016).

En particular, un estudio del INECC analizó los flujos financieros provenientes de organismos internacionales y de cooperación bilateral y multilateral para acciones en materia de cambio climático en México del año 2006 al 2014, y en él se halló que 55.02% del recurso se destinó a la mitigación, 30.26% a adaptación y vulnerabilidad, y 14.72% a acciones de cambio climático en general (INECC, 2014).

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la evaluación de estudios nacionales y sectoriales muestra que los costos de adaptación en 2050 probablemente se ubicarán en el rango de $280,000 a $500,000 millones de dólares, montos que llaman la atención si se comparan, por ejemplo, con el del financiamiento público internacional para adaptación en 2014, que fue de alrededor de $22,500 millones de dólares (Puig, Olhoff, Bee, Dickson y Alverson, 2016).

Financiamiento internacional para la adaptación

Como se ha mencionado anteriormente, la CMNUCC cuenta con dos entidades operadoras del mecanismo financiero: el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Fondo Verde para el Clima. También ha constituido otros arreglos financieros como el Fondo de Adaptación del PK, el Fondo Especial para el Cambio Climático (SCCF, por *The Special Climate Change Fund*) y el Fondo para los Países Menos Desarrollados (LDCF, por *Least Developed Countries Fund*). Cabe notar que tanto el SCCF como el LDCF han sido operados por medio del FMAM.

Sobre el Fondo de Adaptación, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) de México es la entidad nacional implementadora (NIE, por sus siglas en inglés) y la Dirección General del INECC es la autoridad designada que actúa como punto de contacto para el Fondo y en nombre del gobierno respalda las solicitudes de acreditación de las NIE, y las propuestas para proyectos y programas de adaptación en el país (AF, 2018). Actualmente, el país explora las posibilidades para la obtención de recursos del Fondo de Adaptación para desarrollar iniciativas orientadas hacia el apoyo a las comunidades vulnerables.

6.2 Tecnología

El desarrollo y la transferencia de tecnologías para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo, son un tema prioritario del Acuerdo de París que, en su artículo 10, destaca la importancia de la transferencia de tecnología, mediante la cooperación internacional, el fortalecimiento de capacidades, el financiamiento y un marco analítico para orientar las acciones.

Con base en ello, los países deben informar a la CMNUCC sobre medidas adoptadas para promover el acceso y el despliegue de tecnologías respetuosas con el clima y el medio ambiente, incluida la transferencia recibida, en el caso de los países no Anexo I, u otorgada, en el caso de los países del Anexo I (CMNUCC, 2015). En este apartado se mencionan las principales acciones relacionadas con el fortalecimiento tecnológico de México para la política de cambio climático y energías limpias y, por ello, se pone énfasis sobre el sector energía.

Desde el decenio de 1970, México cuenta con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), institución encargada de impulsar y fortalecer el desarrollo científico y la modernización tecnológica en el país, mediante la formación de recursos humanos de alto nivel, la promoción y el apoyo a proyectos específicos de investigación y la difusión de la información científica y tecnológica. También tiene un *Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación* (SNCTI)[15] que existe desde la creación del CONACYT y que cuenta con varios programas y fondos que apoyan la transferencia e implementación de tecnologías, tales como los fondos sectoriales para energía, agricultura, ambiental y salud, entre otras áreas; fondos mixtos para el impulso tecnológico estatal y municipal; apoyos institucionales para centros de investigación y formación de capacidades tecnológicas, y programas de fomento de innovación a través de la banca de desarrollo. También

[15] El SNCTI se compone por los instrumentos de gobierno, política pública y planeación, y por un conjunto de actores: el sector público en sus tres órdenes, el sector académico y de investigación, y el conjunto de empresas con actividades de CTI. El CONACYT es el coordinador y eje articulador. El sistema cuenta con vínculos entre las instituciones de educación superior (IES) y los centros públicos de investigación (CPI). Otro tipo de vínculos, como aquellos entre las IES y los CPI con el sector productivo son aún reducidos. Aún más, debido al poco dinamismo del mercado interno de tecnología, los vínculos del sector financiero con el sector productivo son también incipientes.

se cuenta en México con el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), cuya función incluye la protección de las patentes de tecnología verde.

Más allá de los recursos antes mencionados, aún se enfrentan retos importantes en materia de CTI. En 2016, el gasto nacional —que comprende el gasto en investigación y desarrollo experimental (IDE) y la inversión en educación de posgrado, servicios científicos y tecnológicos e innovación de los sectores gobierno, empresarial, IES, instituciones privadas sin fines de lucro y organismos del exterior— representó 0.57% del PIB[16] (DOF, 2015b). En 2017 la inversión en CTI fue del 0.51% del PIB (DOF, 2016). La inversión privada en I+D ha sido baja (alrededor de 38% de la inversión total en I+D), al igual que la contribución de los gobiernos estatales (menos de 2% de la inversión pública total) (CONACYT, 2017).

Adicionalmente, el vínculo entre los sectores académico, gubernamental y privado es aún incipiente, lo cual limita la sinergia desde la investigación básica hasta la generación de un mercado maduro de tecnologías.

En cuanto a mercados financieros, el sistema bancario mexicano cuenta con poco desarrollo de los mercados de capital semilla y de riesgo comparado con países con niveles similares en capacidades de CTI. El sistema bancario en México tiene un involucramiento limitado cuando se examina el nivel de crédito hacia el sector privado en proporción con el PIB y comparado con países con un nivel de desarrollo similar (OCDE, 2013).

A continuación, se describen las principales políticas y acciones relacionadas con el fortalecimiento tecnológico del país ante el cambio climático y para la promoción de las energías limpias.

[16] Según la OCDE, los países afiliados invirtieron en promedio 2.4% de su PIB en I+D.

Política para implementar tecnologías de energía renovable y eficiencia energética

En el capítulo 3, en el apartado del sector energía, se mencionó que el país estableció la meta de generar 35% del total de la energía eléctrica con energías limpias en 2024; 37.7% en 2030 y 50% en 2050. En el caso de la eficiencia energética, la meta es reducir 1.9% la intensidad energética por consumo final en el periodo 2016 a 2030, y 3.7% en el periodo 2031 a 2050 (SENER, 2016b).

Como parte de la nueva política energética, resultado de la reforma constitucional de 2013, en los últimos años se ha transformado el marco legal e institucional para impulsar la modernización de la infraestructura del sistema de energéticos y el sistema eléctrico nacional (SEN), así como liberar y dar mayor flexibilidad a los actores económicos con el propósito de aprovechar las oportunidades para un acelerado cambio tecnológico. La introducción de energías limpias y la transición hacia una mayor eficiencia energética abren mayores oportunidades para el desarrollo de productos y servicios de alto valor agregado, dada la creación de regulaciones, estrategias, programas, planes e instrumentos de mercado.

Las legislaciones secundarias más importantes, como la Ley de Transición Energética (LTE) (DOF, 2015a) y la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) (DOF, 2014), así como los instrumentos de planeación, como la *Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios* (Estrategia LTE) (SENER, 2016b), el *Programa especial de la transición energética* (PETE) (SENER, 2017c) y el *Programa nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía* (PRONASE) (CONUEE, 2018a), que establecen mecanismos y acciones para el impulso de tecnologías limpias; se describen también en el capítulo mencionado anteriormente. En este apartado se destacan las acciones de la estrategia vinculadas a la implementación de tecnologías limpias:

- Impulsar la adopción masiva de nuevas tecnologías más eficientes en términos energéticos e integradas a través de tecnologías de información y comunicación.
- Establecer nuevas reglas de compra para productos y servicios que dan prioridad a energías limpias y eficientes.
- Aumentar la capacidad técnica y certificaciones de quienes transfieren, diseñan, instalan, operan las tecnologías limpias.
- Incluir en la arquitectura del sector eléctrico a los generadores de energías limpias e impulsar los sistemas de almacenamiento.
- Incrementar el uso de la electricidad con fuentes limpias en el sector transporte.
- Modernizar sus redes de distribución para integrar la generación de energía limpia distribuida.
- Adoptar el modelo de redes eléctricas inteligentes.
- Integrar modelos de negocio para la comercialización de tecnologías limpias.

Instrumentos normativos

En el periodo 2013-2017 se generaron normas oficiales mexicanas (NOM) para la eficiencia energética en la industria y el sector de los electrodomésticos y la iluminación. En el caso de la industria, se publicaron seis NOM para regular equipos de uso común —como bombas, motores eléctricos, transformadores, sistemas de aislamiento térmico y fuentes de energía de alimentación externa— y para establecer límites al consumo eléctrico, métodos de prueba, marcado y etiquetado.

Para el rubro de electrodomésticos se publicaron ocho NOM que establecen estándares de eficiencia energética, potencia eléctrica, métodos de prueba y etiquetado en aparatos de refrigeración doméstica y comercial, aires acondicionados, lavadoras, lámparas domésticas, bombas de agua, equipos de cocción que utilizan gas natural, entre otros.

Con el fin de promover la eficiencia energética en iluminación, se publicaron tres NOM para modernizar los sistemas de alumbrado en zonas urbanas, rurales y locales, así como en edificios comerciales e industriales. Estas NOM regulan la funcionalidad y los estándares de eficiencia energética en lámparas de alumbrado público y de edificios, la calidad de las lámparas, sus límites de uso de energía, emisión de luz y métodos de prueba.

Adicionalmente se desarrolló un código de conservación de energía para las edificaciones de México (IECC) (CONUEE, 2016), que establece los requisitos mínimos de conservación de energía para edificaciones. Incluye el diseño de envolventes, la instalación de sistemas de iluminación y de energía eléctrica eficientes. También se elaboró la bitácora que establece la trayectoria y las políticas públicas necesarias para la implementación del código en los próximos 30 años (SENER *et al.*, 2017).

Instrumentos de información para el sector energético

La toma de decisiones para la instrumentación de tecnologías en el sector energético requiere de información del potencial energético, del potencial de energía existente en las regiones del país, y de la actualización e incorporación de nuevas investigaciones, entre otros aspectos. En México se ha avanzado en la generación de información por medio de los siguientes instrumentos.

Inventario de Energías Limpias (INEL)

Es un sistema de información geográfica que brinda datos sobre el potencial de los recursos renovables de energía en México. Incluye el aprovechamiento presente de estos recursos para generar electricidad y el *Atlas de los recursos renovables* que pueden utilizarse para estos propósitos. Distingue entre recursos probados (aquellos que cuentan con estudios de factibilidad para su aprovechamiento) y los probables (aquellos con estudios de campo, pero sin suficiente información para comprobar su factibilidad). Las tecnologías con mayores estudios son la eólica y la solar; los recursos geotérmicos son un recurso que continúa en investigación (SENER, 2017c). De acuerdo con este sistema, en 2017 México generó 15.51% de su energía eléctrica con energías renovables (SENER, 2017d).

Atlas de zonas con alto potencial de energías limpias (AZEL)

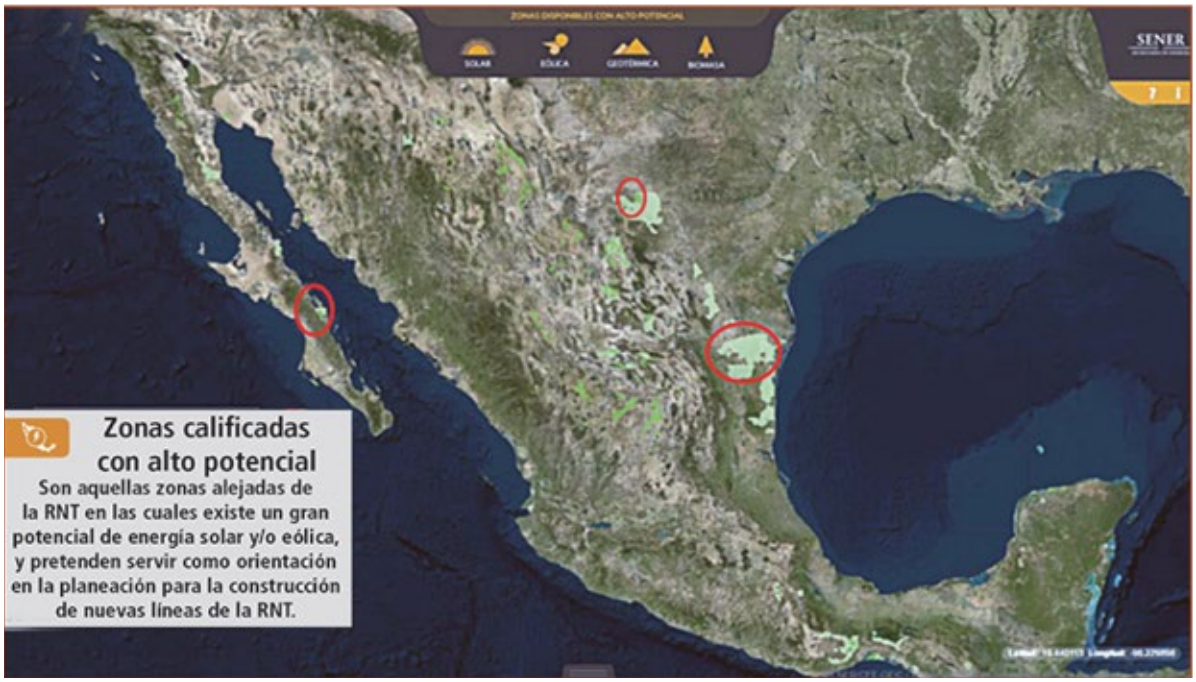
Este instrumento permite ubicar las zonas con alto potencial para el desarrollo de proyectos de generación de energía. Su primera versión ha sido desarrollada para cuatro tecnologías: solar, eólica, geotérmica y biomasa. Establece potenciales de capacidad y generación en áreas específicas, al tomar en consideración factores técnicos, como la disponibilidad del recurso, variables climatológicas, latitud, altitud, entre otros, así como restricciones territoriales relacionadas con el uso del suelo (SENER, 2018).

La SENER elabora y publica anualmente el AZEL, que cuenta con información detallada, gráfica y tabular de las zonas de alto potencial de energías limpias, considerando los criterios de infraestructura necesaria para el desarrollo de proyectos de generación eléctrica con base en energías limpias y su interconexión. Esta información también tiene uso en la planeación tecnológica de expansión de la red nacional de transmisión y las redes generales de distribución. En la **Figura 6.2** se muestra un ejemplo de las zonas de alto potencial solar FV y eólico en su conjunto (SENER, 2018).

Laboratorio de innovación en sustentabilidad energética (LabInnova)

Este laboratorio financia el desarrollo de proyectos de innovación, que involucren actividades de investigación científica y tecnológica aplicada, adopción, asimilación y desarrollo tecnológico de energías renovables (DOF, 2017). Este esfuerzo tiene la finalidad de generar sinergia entre las sociedades científico-tecnológica e industrial-empresarial para el desarrollo de cadenas de valor que ofrezcan soporte y soluciones innovadoras al sector de las energías limpias. Según el *Informe 3* del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER, en 2015 se recibieron 102 propuestas, 22 de las cuales fueron aprobadas por el Comité Técnico y de Administración. La mayor parte de los proyectos propuestos se enfocaron en energías renovables (por ejemplo, diseño, construcción y puesta en marcha de una planta piloto integral de 230,000 l/año de biodiesel con cultivo de microalgas) y en eficiencia energética (por ejemplo, "Mi vivienda integral sustentable") (SENER, 2016c).

Figura 6.2. **Mapa de zonas de alto potencial solar FV y eólico**



Fuente: SENER, 2018.

Instrumentos de profesionalización y desarrollo de capacidades en el sector energético

Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética (CGCEREE)

Para implementar tecnologías con energías renovables y de bajas emisiones, así como para atender los temas de eficiencia energética, es necesario contar con personal calificado, implementar y aplicar estándares de competencia (EC) y certificar al personal técnico. El CGCE-REE (SENER, 2016a) se creó con esos objetivos. Este comité trabaja en consonancia con el programa estratégico de formación de recursos humanos en materia energética, impulsado por SENER, SEP y CONACYT, y con el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER). Está conformado por 40 miembros, provenientes de los sectores académico, privado, gobierno y organismos internacionales, y cuenta con la participación de 20 instituciones que se encargan de la capacitación y/o certificación. Actualmente cuenta con 5 estándares de certificación en eficiencia energética y 5 en energía renovable, y hay varios más que están en proceso de elaboración. Se han logrado certificar alrededor de 700 personas.

Uno de los casos de éxito es el desarrollo e incorporación de la preparación técnica en la carrera de construcción del CONALEP, donde se incluyen los contenidos del EC0431: promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda. Otro es el estándar EC1076 (DOF, 2018), para la certificación de "Instalación de calentador de agua a gas".

Instrumentos para el desarrollo tecnológico en el sector energético

Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIE)

Son agrupaciones de centros de investigación públicos o privados, instituciones de educación superior, empresas y entidades gubernamentales que trabajan en conjunto proyectos dedicados a desarrollar tecnologías, productos y servicios, que permitan aprovechar el potencial del país en las principales energías renovables. Cada uno de ellos cuenta con una planeación científico-tecnológica de mediano y largo plazos y cuenta con diversas líneas estratégicas de investigación (SENER, 2015). Operan de forma autónoma, pero son supervisados por representantes de la SENER y del CONACYT. Los objetivos específicos consisten en:

- Impulsar la innovación, a través de la adopción, transferencia y asimilación de tecnología novedosa.
- Vincular a la academia y la industria.
- Formar recursos humanos especializados y consolidar capacidades en las áreas correspondientes.
- Fortalecer la infraestructura de investigación científica y tecnológica especializada.
- Fomentar el conocimiento y difundir información precisa sobre el uso y aprovechamiento de los recursos energéticos renovables.

Actualmente operan cinco CEMIE con especialidades en:

1. Bioenergéticos

En 2015 se autorizaron cinco proyectos (biocombustibles sólidos, bioalcoholes, biodiésel, biogás y bioturbosina) con una inversión de $44.60 millones de dólares (SENER-IMP-FSE, 2017l).

2. Eólico

Un proyecto liderado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, de Cuernavaca, Morelos, que consiste en fortalecer las capacidades en materia de energía eólica que permitan vencer las barreras tecnológicas existentes. La inversión a 2015 fue de $5.00 millones de dólares, lo cual representó 36.5% de los recursos totales designados a este CEMIE; y del cual se lleva un avance técnico del 22.74% (SENER-IMP-FSE, 2017i).

3. Geotérmico

Un proyecto liderado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, cuyo objetivo es conocer el potencial geotérmico de México y estudiar la tecnología para la exploración y la caracterización temprana de recursos geotérmicos. El proyecto alcanzó una inversión, en 2015, de $29.10 millones de dólares, lo cual representó 47.79% de los recursos totales asignados a este CEMIE, y del cual se lleva un avance técnico del 26.79% (SENER-IMP-FSE, 2017k).

4. Oceánico

En 2015 se autorizó un proyecto por $21.96 millones de dólares, con el fin de investigar el potencial de este tipo de energía en México (SENER-IMP-FSE, 2017j).

5. Solar

Un proyecto liderado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que tiene la finalidad de fortalecer la investigación de la tecnología solar y vencer las barreras existentes para su introducción. Contaba, en 2015, con una inversión de $10.47 millones de dólares, lo cual representó 36.01% de los recursos totales designados a este CEMIE, y del cual se lleva un avance técnico del 24.4% (SENER-IMP-FSE, 2017h).

6. Centro mexicano de captura uso y secuestro de carbono

En desarrollo por CONACYT, SENER y SEMARNAT.

El modelo de los CEMIE está basado en las experiencias de los Centros Innovadores de Excelencia para la Investigación y Comercialización de Canadá (Innovative Centres of Excellence for Commercialization and Research), el Centro de Bioenergía Supergen (Supergen Bioenergy Hub) en el Reino Unido, que trabaja en temas de bioenergía, y los Centros de Innovación en Energía del Departamento de Energía de los Estados Unidos (Energy Innovation Hubs), enfocados en aspectos energéticos del país.

Los CEMIE son de muy reciente creación y de gran trascendencia para el país, ya que constituyen una manera de organizar a los sectores del gobierno, academia e industria, para lograr conjuntamente la adopción, transferencia y asimilación de tecnología. Algunos de los proyectos que se realizan aún están en etapa de ejecución, o bien, requieren de una etapa de maduración para llegar a concretarse en proyectos de implementación de tecnologías.

Es primordial para México que los CEMIE continúen una ruta de fortalecimiento de sus capacidades, implementen un sistema de indicadores, y cuenten con apoyo internacional, para asegurar su continuidad y la detonación de proyectos de transferencia tecnológica a mayor escala.

Programa nacional de sistemas de gestión de la energía (PRONASGEN)

Este programa fue establecido por la CONUEE con el fin de apoyar a los usuarios de energía en el desarrollo de sus capacidades, para que implementen Sistemas de Gestión Energética (SGEn) integrales, que les permitan elevar su competitividad a través del uso sustentable de la energía (CONUEE, 2018b).

Programa para la promoción de calentadores solares de agua (PROCALSOL)

Creado por la CONUEE para el periodo 2013-2016 (CONUEE, 2018a), con el propósito de fortalecer el crecimiento del mercado, favorecer a la industria nacional e impulsar la adopción de tecnologías sustentables en los sectores privado, público y residencial. Este programa fortaleció el mercado de tecnologías de calentamiento solar en México. Actualmente, la CONUEE trabaja con el sector de comercios y servicios de Yucatán con el fin de implementar este tipo de equipos en comercios y servicios como son los hoteles de la región turística.

Programas para el impulso de tecnologías limpias

La CONUEE publicó nueve manuales y guías en el periodo 2013 a 2017, algunos de los cuales fueron elaborados con apoyo de la Agencia Internacional de Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) (CONUEE-ADE, 2017).

Los principales temas de los manuales son la implementación de los sistemas de gestión de energía (SGEn) en la industria, comercio y servicios, basados en el Sistema internacional ISO 50001 que impulsan la mejora energética por medio de la aplicación de tecnologías, y las redes de aprendizaje para la implementación de sistemas de gestión de la energía (GIZ, 2016). Las redes son una metodología que reúne a varias organizaciones cuyo objetivo es mejorar su desempeño energético, que está basada en el Sistema LEEN (siglas en inglés para Learning Energy Efficiency Networks). Desde su concepción, las redes de aprendizaje en México han considerado las necesidades específicas y oportunidades del país. Es por ello que no solo se han impulsado en el sector industrial, sino también en el sector de la administración pública federal y el sector hídrico.

Proyectos estratégicos para la promoción de tecnologías para la mitigación y la adaptación

Proyecto "Mecanismos y redes de transferencia de tecnología de cambio climático en Latinoamérica y el Caribe (LAC)"

Este proyecto se desarrolla conjuntamente con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés). Su objetivo es promover el desarrollo y la transferencia de tecnologías climáticas en la región de LAC para contribuir a la reducción de emisiones de GEI y la adaptación ante el cambio climático. Los sectores que se trabajan son cinco: energías renovables, eficiencia energética, transporte, silvicultura y agricultura.

El componente 1, que es el que ejecuta México a través del INECC, consiste en el desarrollo de políticas nacionales y capacidades institucionales. El proyecto tiene otros tres componentes que ejecutan otras agencias, cuya finalidad es trabajar en proyectos pilotos de transferencia de tecnologías. México participa como ejecutor de este componente 1 por la experiencia que tiene en el establecimiento de instrumentos regulatorios y programáticos que pueden servir de referencia para LAC, y por su interés en fortalecer la cooperación Sur-Sur en materia de cambio climático.

El componente se divide en dos ejes temáticos: el primero consiste en fortalecer la innovación, investigación y desarrollo de tecnologías climáticas como parte de los sistemas nacionales de innovación (SNI). Se busca generar una serie de recomendaciones para Latinoamérica y el Caribe, que ayuden a robustecer las políticas y capacidades nacionales para la innovación aplicada al tema de mitigación y adaptación ante el cambio climático. Para ello, se elabora una guía para integrar las tecnologías ecológicamente racionales (TER) en los sistemas nacionales de innovación (SIN) considerando las tecnologías que lleven al cumplimiento de las CND. El segundo eje consiste en la elaboración de una "Guía para la planeación ante el cambio climático y tecnologías ecológicamente racionales" donde se tomen en cuenta modelos y herramientas para generar escenarios de reducción de emisiones y la selección y priorización de tecnologías climáticas, según las necesidades de cada país.

Para cada uno de los ejes temáticos se elabora un estudio que se revisa y valida con expertos de 33 países de LAC a través de talleres.

Este proyecto concluirá en mayo de 2019 y será dado a conocer a actores relevantes de los sectores gubernamental, privado, académico y sociedad de la región. Asimismo, actualmente se cuenta con la participación e involucramiento del Centro y Red de Tecnologías Climáticas (Climate Technology Centre and Network, CTCN, por sus siglas en inglés).

Estudio de cadenas de valor de tecnologías climáticas para autotransporte

Tiene como principal objetivo realizar un análisis comparativo de los costos, valor agregado, tiempos de desarrollo y actores involucrados a lo largo de las cadenas de valor de varias tecnologías de autotransporte en México.

Las comparativas se han establecido entre tecnologías "climáticas" (limpias o de menor impacto ambiental), en comparación con tecnologías "convencionales". Este estudio presenta elementos que apoyan a los tomadores de decisiones a definir políticas para la priorización de tecnologías, tomando en consideración elementos económicos y de competitividad de las tecnologías en el largo plazo y con base en su cadena de valor. Algunos de los datos relevantes resultantes del estudio son, por ejemplo, beneficiar la utilización de los autos híbridos y eléctricos en taxis, debido a que se obtienen ahorros importantes en los costos de combustible; otorgar un

mayor incentivo para el remplazo de vehículos pesados, ya que existen aproximadamente 150,000 vehículos pesados con más de 21 años de antigüedad que deben de ser sustituidos; la tecnología Euro 6/EPA 2010 representa un costo adicional en las condiciones actuales del 15%; sin embargo, a lo largo de la vida del vehículo será sólo 3.9% más alto, por lo que se recomienda implementar un programa de subsidio a la diferencia de costos (INECC, 2017c).

Catálogo de tecnologías seleccionadas del sector autotransporte en México

En el marco de la Cooperación México-Dinamarca en energía y mitigación del cambio climático (CCMEP), el INECC elaboró el catálogo como una herramienta para los planificadores, las organizaciones interesadas, las autoridades y los inversores del sector del transporte, con el fin de facilitar el análisis de los impactos climáticos del sector y dirigir las posibilidades de implementación de tecnologías (INECC, 2017b).

El catálogo caracteriza las tecnologías más comunes, ya sea en el mercado actual o las que se espera que se presenten más ampliamente en el mercado en los próximos años. Algunas de las tecnologías analizadas son:

- Motores convencionales de diésel y de gasolina (en varias generaciones).
- Vehículos alimentados con gas natural comprimido.
- Vehículos eléctricos.
- Vehículos de pila de combustible de hidrógeno.
- Vehículos híbridos: híbrido paralelo, híbrido en serie, híbrido en serie-paralelo "Power-split", vehículo híbrido eléctrico enchufable (PHEV).

Catálogo de tecnología de biomasa a energía

Al igual que en el caso anterior, el INECC, en el marco de la Cooperación México-Dinamarca en energía y mitigación del cambio climático (CCMEP), elaboró este catálogo para propiciar que se utilicen tecnologías apropiadas para diferentes sectores (agrícola, forestal e industrial) y tipos (primaria, secundaria y terciaria), con el fin de alcanzar el potencial total de la biomasa.

Con base en estudios internacionales y experiencia de campo, en el catálogo se evalúan tres tipos de tecnologías comerciales: plantas de combustión con caldera de agua/vapor; plantas de combustión que utilizan la tecnología de ciclo de Rankine orgánico (ORC) y tecnología de biogás con motor de gas (INECC, 2017a).

Proyectos estratégicos para el impulso de tecnologías en el sector energético

Proyecto de Agro-Energía para la sostenibilidad (PAES)

Este proyecto es financiado por el Banco Mundial y la Agencia Francesa de Desarrollo e implementado por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y la SENER (SENER, 2018). Su objetivo es apoyar a las unidades de producción rural para que inviertan y adopten energías renovables y tecnologías energéticas eficientes, lo que tendrá como beneficios: reducción de subsidios para energía destinados para el sector agropecuario; reducción de costos de energía para los productores; reducción de la demanda de la red por medio de generación de energía descentralizada y de autoconsumo, y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los componentes principales que impulsa el proyecto son: inversiones en tecnologías ambientalmente racionales, pilotos de innovación tecnológica, y operación, administración y monitoreo del proyecto (SNITT, 2018).

Proyecto nacional de eficiencia energética en alumbrado público municipal

Este proyecto es ejecutado por la SENER a través de la CONUEE y tiene como objetivo impulsar la eficiencia energética a través de la sustitución de sistemas ineficientes de alumbrado público municipal por sistemas eficientes, con lo que contribuye a promover la reducción del consumo de energía eléctrica en los municipios, la transición hacia un alumbrado con tecnologías más eficientes y el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas aplicables. Actualmente se tienen 33 proyectos concluidos en municipios de doce diferentes estados, con más de 488,000 sistemas instalados de tecnología luminaria, con un promedio de ahorro de 37% en cada uno de los proyectos (SENER, 2016d).

Proyecto de eficiencia y sustentabilidad energética en municipios, escuelas y hospitales (PRESEMEH)

Es implementado por la SENER con el apoyo del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Con este proyecto se promueve el aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso de tecnologías energéticamente eficientes y el desarrollo e instrumentación de mecanismos operativos y financieros sostenibles para inversiones de eficiencia energética en municipios, principalmente en escuelas y hospitales públicos (World Bank, 2018). La meta busca dejar de consumir 1,753,000 MWh y no emitir 81,000 tCO_2e bianualmente.

Estudios para el impulso de tecnologías en el sector energético

En México se han realizado varios mapas de rutas tecnológicas e identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico, para algunas energías renovables. Los mapas de rutas son herramientas que apoyan la implementación de proyectos específicos mediante la identificación de retos para la implementación de tecnologías relacionados con el desarrollo de políticas de promoción de éstas, así como de mecanismos de apoyo, desarrollo de mercados, industrias e infraestructuras subyacentes.

A continuación, se describen los mapas de rutas tecnológicas e identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico desarrollados por la SENER, para algunas fuentes de energía renovable:

Mapa de ruta tecnológica para el biodiésel

Visualiza la posibilidad de que para el año 2030 se alcance una capacidad instalada superior a 900 millones de litros de biodiésel. Con este volumen sería posible abastecer alrededor de 2% de la demanda proyectada de diésel en el sector transporte para ese año. Los retos que se identifican están relacionados principalmente con la necesidad de incrementar la productividad de algunos cultivos energéticos como materia prima del biodiésel (SENER, 2017b).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico para el biodiésel

Se identificaron 22 necesidades tecnológicas relacionadas con los diferentes eslabones de la cadena de valor para la producción de biodiésel, que consisten en necesidades tecnológicas de producción y logística, como, por ejemplo, la recolección de biomasa; o necesidades tecnológicas de comercialización de biodiésel. También se destaca la necesidad de transferir la tecnología para la producción de aceites extraídos de cultivos energéticos y elaborar los lineamientos para el proceso de mezclado de diésel/biodiésel, para su uso en el sector transporte (SENER-IMP-FSE, 2017e).

Reporte de inteligencia tecnológica para biocombustibles sólidos

Este reporte aporta elementos metodológicos y un panorama de las materias primas, estado de desarrollo de las principales tecnologías, retos y oportunidades relacionadas con los biocombustibles sólidos, que sirvan de base para diseñar y definir los alcances del mapa de ruta tecnológica para el desarrollo de esos biocombustibles, basándose en tres principios: incrementar la seguridad energética, aumentar el desarrollo rural y reducir los impactos ambientales (World Energy Council, 2010). Los biocombustibles sólidos requieren el desarrollo de regulaciones y políticas públicas que incluyan aspectos sobre el manejo de los recursos forestales, reciclado de nutrientes y materia orgánica al aprovechar residuos agrícolas de cosecha. Asimismo, se incluyen aspectos ambientales, como son conservación de bosques y mitigación de emisiones (SENER-IMP-FSE, 2017m).

Mapa de ruta tecnológica para biocombustibles sólidos

La industria de los biocombustibles sólidos en México es incipiente. El mapa de ruta refleja la visión del desarrollo de esta industria al 2030, para lo cual se considera fortalecer el desarrollo integral de los mercados incluyendo: la generación y cogeneración de electricidad con la meta de generar 160 PJ de energía mediante la introducción de sistemas eficientes de cocción y calefacción; la generación de calor industrial, hasta 192 PJ/año en la industria azucarera, cervecera, tequilera, de la cal y del hierro primario, y la generación de electricidad por medio de la combustión de biomasa en las carboeléctricas de la CFE, con una meta alrededor de 36 PJ/año (SENER, 2017a).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico para los biocombustibles sólidos

Se identificaron 17 necesidades tecnológicas relacionadas con los diferentes eslabones de la cadena de valor. Van desde la disponibilidad y manejo de materias primas, hasta las necesidades de mercado. Entre las más relevantes, cabe destacar las siguientes: la generación de un atlas de disponibilidad real y potencial de materia prima; identificar las oportunidades de adaptación de las tecnologías en la generación de calor residencial y comercial; evaluar las áreas de oportunidad de desarrollo y/o mejora de equipos de combustión para la generación de calor industrial, y desarrollar metodologías para la transferencia y asimilación de tecnologías para la generación de electricidad (SENER-IMP-FSE, 2017a).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico para el bioetanol

Se identificaron 17 necesidades tecnológicas relacionadas con la cadena de valor para la producción y comercialización de bioetanol, desde la disponibilidad de la materia prima, hasta la logística de distribución. Destacan los sistemas de información de las materias primas, el desarrollo de tecnologías para incrementar el rendimiento agrícola por hectárea, la adquisición y evaluación de las tecnolo-

gías de bioetanol, y la evaluación y selección de tecnologías para el manejo de aguas residuales resultantes de la producción de bioetanol (SENER-IMP-FSE, 2017f).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico en geotermia

Se identificaron 25 necesidades tecnológicas directamente relacionadas con el aprovechamiento de los recursos geotérmicos. Algunas a destacar son: desarrollo de mejores tecnologías de medición geotérmica; integración e innovación de métodos y tecnologías de exploración, y desarrollo de materiales de diafragmas y turbinas que eviten incrustaciones (SENER-IMP-FSE, 2017g).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico para la energía del océano

Se identificaron 43 necesidades tecnológicas para el aprovechamiento de fuentes de energía provenientes de las corrientes marinas, energía que proviene de gradientes salinos, energía proveniente de gradientes térmicos, energía de olaje, energía mareomotriz. Dentro de las necesidades tecnológicas identificadas cabe destacar: desarrollo de materiales de alta resistencia y de bajo costo; diseño e implementación de un programa de protocolos de pruebas y modelaje de dispositivos y materiales; instalación de laboratorio para evaluación de tecnologías; generación de un mapa de información nacional sobre los potenciales de generación de energía del océano, e implementación de modelos para la medición de los potenciales de energía de los proyectos (SENER-IMP-FSE, 2017d).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico para la energía solar fotovoltaica

Se identificaron 22 necesidades tecnológicas asociadas a los retos tecnológicos prioritarios tanto de generación distribuida como de centrales fotovoltaicas y acciones de soporte. Destacan las siguientes necesidades: crear grupos de especialistas dedicados a investigar materiales innovadores; desarrollar recursos humanos en temas de control y acondicionamiento de energía; desarrollar inversores con características similares a los internacionales; formar recursos humanos para diseño, operación, monitoreo, construcción e inspección de plantas fotovoltaicas; estudiar las alternativas viables para el almacenamiento de energía, y elaborar un protocolo para la disposición final de los componentes de los sistemas fotovoltaicos (SENER-IMP-FSE, 2017c).

Identificación de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico para energía eólica

Se identificaron 16 necesidades tecnológicas, doce de las cuales corresponden a energía eólica en tierra, dos a generación distribuida y dos a eólica marina. Las necesidades tecnológicas a destacar son: definir tecnologías para optimizar la operación y el mantenimiento de los aerogeneradores; desarrollar proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, hacia las oportunidades de mercado; identificar oportunidades de negocio de la industria eólica en el país; diseñar programas de capacitación para personal a nivel técnico y profesional, y elaborar estudio prospectivo nacional de energía eólica marina hasta 2050 (SENER-IMP-FSE, 2017b).

Proyectos estratégicos impulsados por la iniciativa privada

Cleantech Challenge México (CTCM)

El Cleantech Challenge México (CTCM) es un proceso abierto de incubación y aceleración de empresas de base tecnológica, enfocado en impulsar el escalamiento comercial y el desarrollo de capacidades técnicas, comerciales y empresariales en emprendedores y nuevos empresarios enfocados en tecnologías limpias, que en el año 2017 registró más de mil participantes; asimismo, ha logrado contribuir a la creación de más de 6,800 empleos verdes, la incorporación al mercado de más de 500 nuevas empresas de tecnología limpia, además del apoyo para la solicitud de más de 400 registros de propiedad industrial. Las propuestas ingresadas abarcan, entre otros, los temas de: edificación verde, energía, conservación de recursos naturales y agrícolas, transporte y movilidad, aprovechamiento de residuos, materiales y componentes (Cleantech Challenge México, 2018).

Empresas de servicios energéticos en México (ESCO)

Las ESCO (Energy Service Companies) son empresas que se especializan en integrar proyectos de ahorro de energía por medio de la modalidad de "contratos de desempeño". Las empresas integran las capacidades técnicas para identificar un potencial de ahorro en la instalación del usuario de energía, realizan las inversiones necesarias —ya sea por medio del uso de capital propio o de financiamiento de terceros— y proporcionan las soluciones legales para el correcto funcionamiento del mecanismo de mercado. El contrato por desempeño o de "ahorros compartidos" busca generar un flujo económico medible por la reducción de costos de la factura energética. Esto permite que el cliente se beneficie de un cambio tecnológico, que le permita generar un flujo de ahorro positivo y generar una utilidad a la ESCO, por medio de la cual recuperará la inversión.

En México, las ESCO tienen aproximadamente de diez a doce años de funcionamiento y principalmente cuentan con experiencia en los sectores industriales, comerciales y, en algunos casos, con municipios. Actualmente las agrupa la Asociación Mexicana de Empresas ESCO (AMESCO). Se reconoce la existencia en el mercado de unas 25 ESCO que cuentan con la estructura y capacidad para implementar proyectos de cambio tecnológico en energía eléctrica o energía térmica.

La importancia de las ESCO en México radica en su aportación para lograr los objetivos del gobierno federal para la reducción de la intensidad energética (AMESCO, 2014).

Oportunidades

La transformación del marco legal e institucional que resultó de la reforma energética prioriza la modernización de ese sector y permite liberar y dar mayor flexibilidad a los actores económicos para aprovechar las oportunidades que presenta el acelerado cambio tecnológico que ocurre a nivel global. Para enfrentar los retos de la transición energética con tecnologías competitivas, México debe continuar trabajando en:

- La modernización del sector eléctrico mexicano y la identificación de áreas de oportunidad en investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos que per-

mitan alcanzar las metas que se han planteado en el país y desarrollar productos y servicios de alto valor agregado en tecnologías de energías limpias.

- La adopción masiva de nuevas tecnologías energéticamente más eficientes e integradas unas con otras a través de los sistemas de información y comunicación.
- Generar un cambio de paradigmas y de patrones de comportamiento de personas ante nuevas tecnologías, desde los elementos básicos de los hogares hasta su interacción como miembros de ciudades sustentables.
- Establecer nuevas reglas que prioricen la compra de productos y servicios de mayor eficiencia o que aprovechan energías limpias y tengan también una cadena de valor con un menor impacto.
- Fortalecimiento de capacidades para la adopción e implementación de tecnologías dirigido a personas que comercializan, diseñan, instalan, operan, mantienen y usan las tecnologías.
- Establecer herramientas y modelos dinámicos para la evaluación de las tecnologías con base en las necesidades tecnológicas de los sectores y la disponibilidad de datos.
- Dar mayor uso a las tecnologías de la información y comunicación (TIC), con el fin de contar en el país con mejor información disponible para la toma de decisiones, que beneficie la gestión de aquéllas.
- Plantear programas educativos formales e informales para la preparación en el uso de tecnologías.
- Incentivar la transición hacia nuevas tecnologías con base en las necesidades que se identifiquen, por ejemplo, la generación distribuida.
- Fortalecimiento de los procedimientos de innovación tecnológica en el país, considerando los elementos de mercado, entre ellos, los usuarios y los proveedores de tecnología, redes y enlaces entre las instituciones públicas y privadas, academia, centros tecnológicos regionales, la interacción internacional, evaluación de tecnologías y difusión de buenas prácticas.
- Adicionalmente, los CEMIE son un instrumento de muy reciente creación y de gran trascendencia para el país. Se basan sobre experiencias internacionales exitosas que han permitido un mayor impulso de la innovación e implementación de tecnologías. Asimismo, el modelo de los CEMIE propicia mayor interacción entre los sectores del gobierno, academia e industria, para lograr conjuntamente la adopción, transferencia y asimilación de tecnología. Es primordial para México que estos centros continúen una ruta de fortalecimiento de sus capacidades, implementen un sistema de indicadores, y cuenten con apoyo internacional, para asegurar su continuidad y la detonación de proyectos de transferencia tecnológica a mayor escala.

6.3 Capacidades nacionales en materia de cambio climático

La construcción de capacidades es un proceso continuo, progresivo e iterativo que busca crear, desarrollar, fortalecer y mejorar las habilidades de las personas y las capacidades de las instituciones y de los sistemas socioambientales en los países que forman parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), para que puedan cumplir sus compromisos y lograr los objetivos establecidos en dicho acuerdo internacional.

En México se han evaluado las capacidades existentes y las necesidades y barreras específicas para cumplir con los requerimientos de la Convención (INECC, 2017). Los principales hallazgos se mencionan a continuación.

Capacidades institucionales

Las capacidades institucionales se refieren tanto a las estructuras, características y habilidades que tienen las instituciones y organizaciones para realizar las actividades que les corresponden, como a los recursos (humanos, técnicos y financieros) que se tienen para desempeñar las funciones.

México cuenta con una base jurídica y normativa orientada a proteger y a hacer efectivos los derechos humanos al medio ambiente y al desarrollo integral y sustentable de todas las personas, que determina la concurrencia y corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y el poder legislativo en la atención del cambio climático.

Se ha establecido una estructura institucional para diseñar, coordinar y ejecutar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, fundamentada en la Ley General de Cambio Climático. La creación del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC) en 2013, como mecanismo permanente de

comunicación, coordinación y colaboración entre instituciones de los sectores público, privado, social y legislativo, para atender de manera conjunta las acciones prioritarias de mitigación y adaptación al cambio climático, establece la base para promover la aplicación transversal de la política nacional de cambio climático en el corto, mediano y largo plazo (véase Capítulo 1, sección "Arreglos institucionales").

En el sector gubernamental se han creado instituciones y áreas especializadas en cambio climático; en el privado hay cámaras y asociaciones de diversos sectores que participan en la generación de información y en el desarrollo de procesos tecnológicos para disminuir sus emisiones de GEI, y en el académico hay numerosas instituciones que desarrollan investigación y forman recursos humanos en temas de cambio climático. Existen también muchas organizaciones de la sociedad civil (OSC) con una agenda multisectorial, que desarrollan proyectos y colaboran en el análisis y la instrumentación de acciones en los sectores de la CND.

Comunicación sobre cumplimiento de compromisos

México cuenta con capacidades para informar en materia de cambio climático y sobre el cumplimiento de compromisos de mitigación y adaptación adquiridos por el país, lo que le ha permitido preparar comunicaciones nacionales desde 1997 y el *Primer Informe Bienal de Actualización* (IBA1) en 2015.

Por ejemplo, se tienen herramientas de información que contribuyen al seguimiento e instrumentación de acciones en materia de cambio climático, tales como el Registro *nacional de emisiones* (RENE), el *Registro de acciones nacionales apropiadas de mitigación* (NAMA, por Nationally Appropriate Mitigation Actions), y el sistema de información sobre cambio climático, entre otros mecanismos específicos para la gestión de la información.

Asimismo, se han desarrollado sistemas de monitoreo que contribuyen a generar información útil para la investigación del cambio climático y sus impactos (**Tabla 6.3**). Entre ellos se cuentan los indicadores de desarrollo sustentable del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), cuyo objetivo es proporcionar un conjunto de herramientas que contribuyan al conocimiento de la problemática de sustentabilidad y al diseño de estrategias y políticas en esta materia, de acuerdo con la *Agenda de Desarrollo Sostenible* 2030, y el *Inventario nacional de energías renovables* (INERE), que es un sistema de servicios estadísticos y geográficos de acceso público, que recopila información de la generación anual de energía renovable y el potencial estimado de generación de energía eléctrica para las distintas fuentes de energía renovable (SENER, 2017).

Tabla 6.2. Algunas instituciones gubernamentales, privadas, OSC y centros de investigación que desarrollan actividades de mitigación o adaptación al cambio climático

Sector	Dependencias gubernamentales que instrumentan programas específicos para la atención del cambio climático	Organismos privados y OSC	Centros y organismos públicos y privados de investigación
Transporte	• Secretaría de Comunicaciones y Transportes • Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales • Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía	• Centro de Transporte Sustentable de la WRI • Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo	• Instituto Mexicano del Transporte • Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático • Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A. C.
Generación eléctrica	• Comisión Federal de Electricidad • Comisión Reguladora de Energía • Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía • Comisión Nacional de Hidrocarburos • Petróleos Mexicanos • Secretaría de Energía • Secretaría de Hacienda y Crédito Público	• Alianza para la Eficiencia Energética • Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica	• Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A. C. • Centros Mexicanos de Innovación en Energía • Energía, Tecnología y Educación S. C. • Instituto de Ingeniería de la UNAM • Instituto Mexicano del Petróleo • Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático • Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias • Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares • Instituto Politécnico Nacional
Petróleo y gas			
Residencial y comercial	• Comisión Nacional de Vivienda • Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía • Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores • Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	• Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación, A. C. • Asociación de Energía Solar • Consejo Mexicano de Edificación Sustentable • Economía Verde y Energía Sustentable	• Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A. C. • Energía, Tecnología y Educación S. C. • Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Procesos industriales	• Procuraduría Federal de Protección al Ambiente • PROMÉXICO • Secretaría de Economía • Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	• Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación, A. C. • Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable • Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos	• Energía, Tecnología y Educación S. C. • Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Agricultura y ganadería	• Fideicomiso de Riesgo Compartido • Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura • Secretaría de Agricultura y Ganadería	• Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura • Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	• Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático • Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Residuos	• Secretaría de Desarrollo Social • Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	• Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza	• Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Uso de suelo y silvicultura	• Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas • Comisión Nacional Forestal • Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad • Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas • Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	• Conservación Internacional • Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza • Greenpeace México • Pronatura • The Nature Conservancy • World Wide Fund for Nature	• Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A. C. • Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático • Universidad Veracruzana

Fuente: INECC, 2017.

Tabla 6.3. Herramientas de información y sistemas de monitoreo y observación en México

Principales herramientas de información	Otros sistemas de monitoreo y observación
Registro nacional de emisiones **(RENE) (2014)** Consta de dos componentes: 1. El reporte de emisiones para los sujetos que desarrollan una actividad industrial, productiva, comercial o de servicios, cuya operación genere emisiones directas o indirectas de gases o compuestos de efecto invernadero que excedan el umbral de emisión de 25,000 tCO_2e/año, incluyendo fuentes fijas y móviles. 2. El registro de proyectos de mitigación, reducción o absorción de emisiones, que hayan sido validadas por un organismo acreditado para tal efecto. ***Registro de acciones nacionales apropiadas de mitigación*** **(NAMA) (2013)** • Registro voluntario. Contiene la información completa y actualizada de las NAMA que se desarrollan en México y se han inscrito en el mismo. A junio de 2015, se han incorporado 27 NAMA al registro, 15 de las cuales forman también parte del registro internacional de NAMA de la CMNUCC. **Sistema de información sobre el cambio climático (SICC) (2016)** • Incluye un conjunto de indicadores clave en la materia. Entre ellos se cuentan: emisión nacional de GEI; emisión de GEI por PIB; emisión de GEI per cápita; emisión de dióxido de carbono por quema de combustibles fósiles; emisión de dióxido de carbono por PIB, y emisión per cápita de dióxido de carbono.	• *Atlas de riesgos*, nacional, estatal y municipal, publicados por el CENAPRED. • *Atlas de vulnerabilidad al cambio climático de México*, INECC. • *Atlas nacional de inundaciones*, de CONAGUA. • Centro de Mando Geoespacial del Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SNIDRUS-SAGARPA). • Indicadores de desarrollo sustentable de México (INEGI). • *Inventario nacional de energías renovables* (INERE). • Monitor de sequía de América del Norte. • Observatorio de Cambio Climático de Yucatán. • Observatorio del Cambio Climático (Misión Tierra). • Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA). • Servicio Meteorológico Nacional (SMN). • Sistema de consulta geográfica de los atlas de peligros y riesgos en zonas costeras y municipios de atención prioritaria (SICGAP-SEDESOL). • Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México del INEGI. • Sistema de información de escenarios de cambio climático regionalizados (SIECCR-CONAGUA). • Sistema de información, monitoreo y evaluación para la conservación (SIMEC-CONANP). • Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SEMARNAT). • Sistema para la detección y seguimiento de incendios forestales del SMN-CONAGUA.

Fuente: INECC, 2017.

Inventario nacional de emisiones de GEI, manejo de bases de datos y factores de emisión

México ha desarrollado la capacidad para generar los inventarios nacionales de emisiones de GEI con base en las *Directrices del IPCC* y las *Guías de buenas prácticas* del Anexo A del Protocolo de Kioto. Se ha capacitado al equipo del INECC encargado de elaborar el INEGYCEI, mediante cursos impartidos por el GHG Institute de las metodologías del IPCC, y también se ha fortalecido el trabajo conjunto con las diferentes secretarías de Estado, el sector privado y OSC, con quienes se tienen reuniones periódicas para el intercambio de datos, la sistematización de información y la determinación de factores de emisión en sectores específicos. Adicionalmente, el INECC capacita a los estados del país para el desarrollo de sus inventarios, mediante un curso en línea y con asesoramiento directo, con el objetivo de homologar metodologías y el registro de la información.

Instrumentación, evaluación y mejora de medidas de mitigación y adaptación

Mitigación

La creación de capacidades para la instrumentación, evaluación y mejora de medidas de mitigación se refiere al desarrollo de las habilidades para la creación de políticas, tecnologías y medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar los sumideros de carbono.

Las actividades típicas de mitigación incluyen (OECD, DAC, s.f.):

- Reducciones o estabilización de las emisiones de GEI en los sectores de energía, transporte, industria y agricultura, mediante la utilización de nuevas fuentes renovables de energía, así como medidas para mejorar la eficiencia energética de los generadores, máquinas y equipos existentes o gestión de la demanda.
- Reducción de las emisiones de metano mediante la gestión de desechos o el tratamiento de aguas residuales.
- Desarrollo, transferencia y promoción de tecnologías y conocimientos técnicos, así como creación de capacidades que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropogénicas de GEI, en particular en gestión de residuos, transporte, energía, agricultura e industria.
- Protección y mejora de sumideros de GEI mediante la ordenación forestal sostenible, la forestación y la reforestación, la rehabilitación de las zonas afectadas por la sequía y la desertificación.

Otras acciones típicas no enfocadas a algún sector en particular incluyen:

- Preparación de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero; políticas relacionadas con el cambio climático y análisis e instrumentos económicos, incluidos planes nacionales para mitigar el cambio climático; desarrollo de legislación relacionada con el cambio climático; creación de capacidades institucionales.
- Educación, formación y sensibilización del público en relación con el cambio climático.
- Investigación y seguimiento relacionados con la mitigación del cambio climático.

México cuenta con políticas de mitigación que se incluyen en la *Estrategia nacional de cambio climático* (ENCC) (SEMARNAT, 2013), el *Programa especial de cambio climático* (PECC) (DOF, 2012), la contribución nacionalmente determinada (CND), la estrategia de medio siglo, y leyes y programas sectoriales. Las acciones de mitigación descritas en la ENCC son representativas de los esfuerzos de México para reducir emisiones de GYCEI. Entre las principales se cuentan las que se muestran en la **Tabla 6.4**.

Otras iniciativas ejecutadas en el país para la mitigación del cambio climático incluyen las relacionadas al desarrollo y robustecimiento de un precio al carbono: *i)* el impuesto al carbono para combustibles fósiles adoptado en 2014; *ii)* la plataforma voluntaria de intercambio de bonos de carbono (MexiCO2) iniciada en el mismo año con el objetivo de proporcionar un ejercicio electrónico de simulación para los certificados o bonos de carbono (entre ellos el carbono forestal), que confieren el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono, y de este modo asignan un costo a la contaminación, y *iii)* el sistema de comercio de emisiones, del cual una fase piloto será instrumentada en los próximos meses.

Adaptación

La creación de capacidades para la instrumentación, evaluación y mejora de medidas de adaptación se refiere al desarrollo de las habilidades de los di-

Tabla 6.4. Principales acciones en México para la mitigación del cambio climático

Contribución nacionalmente determinada	La contribución de México contiene dos componentes, uno de mitigación y otro de adaptación. El componente de mitigación contempla dos tipos de medidas: las no condicionadas, que se refieren a aquellas que el país puede solventar con sus propios recursos, y las medidas condicionadas, que requieren del establecimiento de un nuevo régimen internacional de cambio climático en el cual México pudiera obtener recursos adicionales y lograr mecanismos efectivos de transferencia de tecnología.
Reducciones de emisiones derivadas de la deforestación y degradación forestal (REDD+)	Desde 2010, México comenzó la construcción de su estrategia REDD+ de manera progresiva y participativa a través de su estrategia nacional para la reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques (ENAREDD+), la cual responde a la iniciativa internacional puesta en las mesas de negociación de la COP 13, en la cual se argumentó el papel de la gestión sostenible de los bosques y el aumento y conservación de los reservorios forestales de carbono.
Acciones nacionalmente apropiadas de mitigación (NAMA)	Las NAMA son acciones voluntarias realizadas en el país para reducir emisiones de GEI. Deben estar alineadas con políticas nacionales y sectoriales y generar cobeneficios. Una NAMA puede adoptar la forma de programa institucional, cambio regulatorio, incentivo fiscal u otra medida encaminada a reducir emisiones de GEI.
Mecanismos de desarrollo limpio (MDL)	Proyectos de mitigación de emisiones de GEI, que pueden ser financiados por países desarrollados dentro de países en desarrollo. En el primer IBA publicado por México, se registraron 16 nuevos proyectos MDL en los sectores de energías renovables, eficiencia energética, rellenos sanitarios, desechos y cogeneración. Con ello, los proyectos registrados suman 201. De 2005 (año de inicio del MDL) a junio de 2014, los proyectos mexicanos recibieron un total de 23,868,978 reducciones certificadas de emisiones (CER, por sus siglas en inglés).

Fuente: INECC, 2017.

ferentes sectores para ajustarse a la variabilidad del cambio climático, y crear medidas como respuesta a los estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que puedan moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos (INECC, 2016). De acuerdo con la ENCC, estos ajustes pueden darse en las prácticas, en los procesos o en las estructuras sociales. En la medida en que se desarrollan capacidades de adaptación frente al problema climático global se puede reducir la vulnerabilidad del país (SEMARNAT, 2012). En este sentido, el desarrollo de capacidades debe ser un proceso transversal y multisectorial, ya que la capacidad de adaptación depende de la facultad de una sociedad para actuar en conjunto y resolver conflictos entre sus miembros (PNUD, 2008).

México ha desarrollado capacidades para la instrumentación, evaluación y mejora de medidas de adaptación al cambio climático. Cuenta con una serie de instrumentos nacionales con aplicación estatal y municipal, tales como programas de cambio climático, programas de ordenamiento ecológico, atlas de riesgo, el *Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático*, y estrategias estatales y regionales enfocadas al fortalecimiento de la capacidad de adaptación de los ecosistemas, la sociedad y los sectores productivos (véase capítulo 6). También se han desarrollado guías para la elaboración de programas locales de acción ante el cambio climático y para generar y aplicar escenarios climáticos e incorporarlos en la toma de decisiones. A manera de ejemplo, en la **Tabla 6.5** se muestran algunos instrumentos federales relacionados con la adaptación al cambio climático, y en el capítulo 5 se pueden consultar otras acciones llevadas a cabo para la adaptación.

Tabla 6.5. Instrumentos de política de la administración pública federal (APF) vinculados con la adaptación al cambio climático

Tipo de instrumentos	Políticas existentes y sectores de la APF involucrados
Gestión territorial: instrumentos que tienen como objetivo armonizar las actividades en un territorio específico.	• SEMARNAT: ordenamiento ecológico general del territorio, ordenamientos ecológicos regionales y locales; zonificación forestal; ordenamientos forestales; estrategia nacional para el ordenamiento ecológico del territorio en mares y costas. • SEDESOL: ordenamientos estatales territoriales, planes de desarrollo urbanos (PDU). • SECTUR: ordenamiento turístico. • CONAGUA: *Agenda del agua* 2030.
Gestión de riesgos	• SEDESOL: programa Hábitat y programa de prevención de riesgos en asentamientos humanos (PRAH). • SEGOB: Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), Municipio Seguro, el FONDEN y el FOPREDEN; la estrategia nacional de mitigación del riesgo por inestabilidad de laderas, el sistema de alerta temprana para ciclones tropicales (SIAT-CT), la alerta temprana de la Secretaría de Marina. • SAGARPA: cadena (componente de atención a desastres naturales en el sector agropecuario y pesquero). • CONAGUA: Servicio Meteorológico Nacional y planes de contingencia por sequía formulados para cada organismo de cuenca, programa de protección a centros de población y con el *Inventario nacional de obras de protección contra inundaciones en cauces naturales.* • Secretaría de Salud: programa de urgencias epidemiológicas y desastres.
Conservación y restauración ecosistémica	• Sistema nacional de áreas naturales protegidas: estrategia de cambio climático en áreas protegidas; programas de adaptación en áreas naturales protegidas; Pro árbol. • CONAFOR: programa federal de servicios ambientales hidrológicos, programa de protección contra incendios forestales, pago por servicios ambientales (PSA), programa de conservación y restauración de suelos, Fondo Patrimonial de Biodiversidad. • Corredor biológico mesoamericano (CBM-M). • Estrategia nacional sobre la biodiversidad de México. • Estrategia mexicana de conservación vegetal. • Estrategia nacional sobre especies invasoras en México. • Estrategia nacional de manejo sustentable de tierras. • CONAGUA: programa de reservas de agua, norma mexicana de caudal ecológico.
Reducción de las condiciones de vulnerabilidad social	• Atlas de riesgos, programas de desarrollo urbano, programas de prevención de riesgos en asentamientos humanos y los programas de desarrollo urbano y desarrollo social de la SEDESOL. • *Atlas de riesgos sanitarios* (COFEPRIS). • CONAGUA: programa de agua potable y saneamiento (comunidades rurales y ciudades). • INMUJERES y la CDI incluyen en sus programas, temas y acciones vinculados con un mayor conocimiento sobre cambio climático.
Fomento a actividades productivas	• Pro árbol (desarrollo forestal), PROGAN y PROCAMPO, programa de conservación y uso sustentable de suelo y agua (COUSSA). • Políticas de apoyo de la Secretaría de la Reforma Agraria a los núcleos agrarios.
Protección de infraestructura estratégica	• CONAGUA, SEDESOL: programa de infraestructura de protección a centros de población y áreas productivas (PCP, CONAGUA). • Acciones de PEMEX en materia de estimación de la vulnerabilidad climática del sector petrolero. • Acciones de la CFE en materia de análisis de vulnerabilidad en instalaciones eléctricas por fenómenos hidrometeorológicos extremos. • Acciones de la SCT para evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura carretera.

Fuente: INECC, 2017.

Nota: La información aquí presentada es enunciativa, no limitativa, y se actualizó con instrumentos existentes en 2016.

Mejoramiento y/o creación de un ambiente propicio, regulatorio y de negocios

Por "entornos propicios para la transferencia de tecnología de los sectores público y privado" se entienden las acciones gubernamentales, las políticas de comercio justo, la eliminación de los obstáculos técnicos, jurídicos y administrativos a la transferencia de tecnología, una política económica sólida, y los marcos normativos y de transparencia (UNFCCC, 2003).

De acuerdo con lo anterior, la creación de un ambiente propicio implica el fortalecimiento de los marcos regulatorios ambientales, la protección de los derechos de propiedad intelectual, incentivos para la incorporación de tecnologías limpias y de mayor eficiencia energética en los procesos productivos, procedimientos transparentes, entre otros.

En este sentido, México, ha avanzado en el mejoramiento del entorno para propiciar acciones en materia de cambio climático en el país. Se han eliminado algunas barreras regulatorias e incentivado la inversión privada en tecnologías verdes a través de preferencias tributarias, protección de los derechos de propiedad intelectual y programas de inclusión de empresas nacionales a las cadenas de valor. El ejemplo más claro de esto han sido las acciones tomadas en el sector de energía, alineadas a la estrategia de cambio climático del país, entre las que se cuentan la instrumentación de incentivos como los certificados de energía limpia (CEL), la eliminación de subsidios a la producción y consumo de combustibles fósiles, y la política de contenido nacional.

En este proceso se ha contado con el apoyo de agencias internacionales para actividades como las que se mencionan en la **Tabla 6.6**.

Tabla 6.6. **Actividades realizadas en México por agencias internacionales para el fortalecimiento de capacidades para el mejoramiento y/o creación de un ambiente regulatorio**

Actividad	Objetivo	Fuentes de financiamiento
Mexico Sustainable Energy Technology Development (2014)	Evaluaciones regionales de necesidades (RNA) para tecnologías para el empoderamiento de la acción climática (ACE, por sus siglas en inglés) y planes de inversión regional de energía limpia (CERIP).	• FMAM (GEF, por sus siglas en inglés)
Programa nacional de apoyo a las instituciones financieras para el clima (NCFISP) (2012)	Ayudar a los países a prepararse para acceder, absorber y administrar las finanzas climáticas internacionales. El programa ayuda a las instituciones nacionales de financiación del clima a adaptarse a los fondos mediante el intercambio de conocimientos, experiencias y mejores prácticas.	• Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
Microseguros en el Caribe: desafíos, implicaciones para la regulación y desarrollo de un índice de seguros (2014)	Compartir experiencias y discutir cómo puede crearse un índice de seguros en el Caribe	• Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
Facilitación de la implementación y preparación para la mitigación-FIRM (2011-2015)	El proyecto de facilitación de la implementación y preparación para la mitigación (FIRM) fortaleció las capacidades nacionales para formular estrategias de desarrollo con bajas emisiones de carbono e identificar oportunidades de mitigación dentro del contexto de las prioridades nacionales de desarrollo sostenible y el concepto en evolución de acciones nacionales de mitigación.	• Agencia Danesa de Desarrollo Internacional

Fuente: elaboración INECC, con información del portal de creación de capacidades de la CMNUCC.

Desarrollo y transferencia de tecnología y mecanismos de financiamiento

Desarrollo y transferencia de tecnología

La transferencia de tecnología es un conjunto de procesos que abarca el aporte de conocimientos especializados (*know-how*), experiencia y equipos para mitigar el cambio climático y adaptarse al mismo, que tienen lugar entre diferentes partes interesadas: gobiernos, el sector privado, instituciones financieras, organizaciones no gubernamentales (ONG) e instituciones de investigación/educación (IPCC, 2000). Entre las estrategias para promover la transferencia de tecnologías, se pueden mencionar las siguientes (UN, 1993):

a) Políticas gubernamentales que generen condiciones favorables para la transferencia de tecnología tanto en el sector público como en el privado.
b) Creación de redes de información y cámaras de compensación que difundan información sobre tecnologías y brinden asesoramiento y capacitación.
c) Colaboración entre centros de investigación tecnológica y de demostración.
d) Acuerdos de colaboración entre empresas privadas para inversiones extranjeras directas y empresas conjuntas.
e) Apoyo a las organizaciones nacionales e internacionales para que realicen cursos de formación en materia de evaluación, desarrollo y gestión de las nuevas tecnologías.
f) Programas internacionales de cooperación en el fomento de la capacidad, relacionados con la investigación y el desarrollo tecnológico.

México cuenta con centros de investigación que apoyan el desarrollo de tecnologías, como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de sus fondos sectoriales, ya mencionados en el apartado "Financiamiento", y participa en estudios como el de "Mecanismos y redes de transferencia de tecnologías de cambio climático en Latinoamérica y el Caribe" apoyado por el BID. Para mayor información véase el apartado "Tecnología" de este capítulo.

Mecanismos de financiamiento

Para proyectos de transferencia de tecnología, México cuenta con una arquitectura financiera para el cambio climático, apoyada por fuentes de financiamiento nacional e internacional, como se ha mencionado anteriormente en el apartado "Financiamiento".

Esta arquitectura incluye, como instrumento principal, el Fondo para el Cambio Climático establecido en el artículo 80 de la LGCC con el objeto de captar y canalizar recursos financieros públicos, privados, nacionales e internacionales, para apoyar la instrumentación de acciones para enfrentar el cambio climático (DOF, 2012). Los proyectos referentes a este tema también son apoyados por fuentes de financiamiento provenientes de agencias multilaterales, bilaterales, regionales y nacionales (**Tabla 6.7**).

Tabla 6.7. Fuentes de financiamiento para el cambio climático en México

Fuentes Multilaterales	Fuentes Bilaterales
• Fondo Verde para el Clima (Green Climate Fund). • Fondo para la Adaptación. • Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, por sus siglas en inglés). • Banco Mundial-Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés). • Iniciativa Internacional para la Protección del Clima (IKI) del Gobierno Alemán. • Banco de Desarrollo Alemán (KFW). • Fondo para la Eficiencia Energética Global y la Energía Renovable.	• Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN)-Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF). • Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). • Agencia de Cooperación Internacional Alemana (GIZ). • Programa de Colaboración México-Dinamarca en Materia de Energía y Cambio Climático. • Reino Unido-Fondo de Transformación Ambiental. • Alemania-Iniciativa Climática Internacional. • Programa de Inversión Forestal. • Programa piloto para la resiliencia climática.
Fuentes Regionales	**Fuentes Nacionales**
• Banco Interamericano de Desarrollo (BID). • Banco de Desarrollo de América Latina (CAF).	• Presupuesto de egresos de la federación, anexo transversal en materia de cambio climático. • Fideicomiso Fondo de Cambio Climático. • Nacional Financiera (NAFIN). • BANOBRAS. • Sociedad Hipotecaria Federal (SHF). • Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). • Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE). • Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN). • Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). • Financiera Rural. • Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). • Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR). • Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS).

Nota: La información aquí presentada es enunciativa mas no limitativa.
Fuente: INECC, 2017.

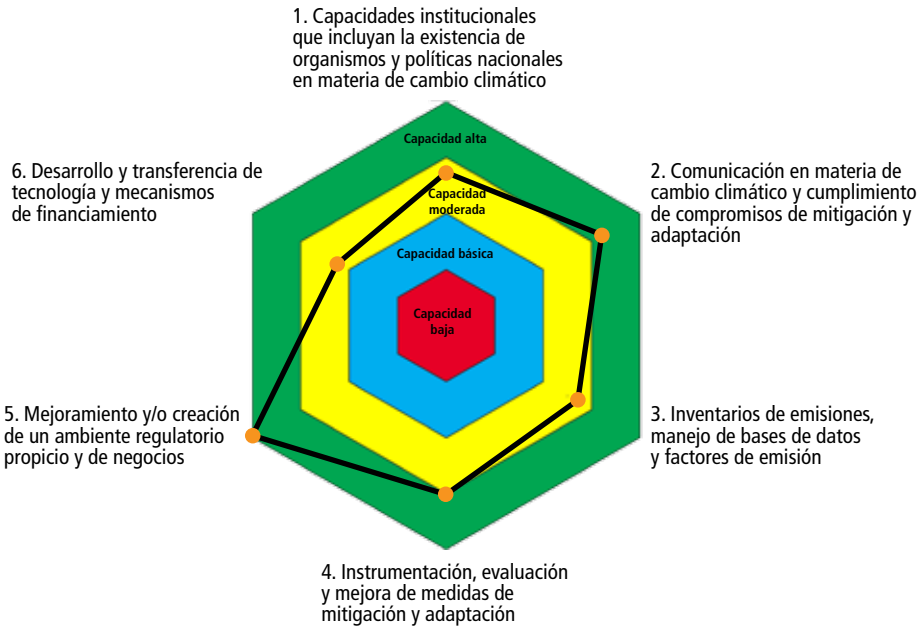
Necesidades de creación de capacidades: barreras y oportunidades

Si bien se cuenta en México con capacidades en todos los ámbitos necesarios para la mitigación y adaptación del cambio climático, el grado de robustez de las mismas varía. Considerando factores de gobernanza, planeación, recursos (humanos, financieros y de infraestructura), información, datos y análisis, y monitoreo y evaluación (INECC, 2017), se identificaron barreras y oportunidades en los siguientes temas (**Figura 6.3**):

Capacidades institucionales

Fueron evaluadas como "*Capacidad básica-moderada*", debido a que, aunque las organizaciones cuentan con recursos técnicos y financieros para el desempeño de sus funciones, se detectaron áreas que deben ser fortalecidas, principalmente las relacionadas con recursos humanos, ya que:

Figura 6.3. Resultados de la evaluación de capacidades



Fuente: INECC, 2017, con base en información recopilada de entrevistas y cuestionarios aplicados a actores clave.

- Hay un alto índice de rotación de personal en dependencias gubernamentales, lo que impacta el logro de objetivos a largo plazo.
- Existen programas sectoriales en materia de cambio climático; sin embargo, se requiere capacitar al personal para interpretar información, indicadores y datos en esta materia. Lo anterior, porque se desconocen los vínculos entre las principales actividades de cada secretaría y las preocupaciones ambientales y de cambio climático.[17]
- Los conocimientos en materia ambiental, sustentabilidad, y los relacionados con el cambio climático permanecen en los niveles jerárquicos altos de las dependencias de gobierno, que son los que generalmente participan en talleres internacionales y nacionales de capacitación, sobre todo en las secretarías que no se relacionan directamente con el tema (residencial y comercial, procesos industriales, agricultura y ganadería, residuos, uso de suelo y silvicultura). Esto conlleva a una falta de conocimiento de elementos particulares para la mitigación o adaptación relativas al cambio climático en puestos inferiores dentro de las secretarías y en los gobiernos locales.
- No hay definiciones y criterios homologados entre todas las dependencias de gobierno y se necesitan para que haya consistencia y transparencia en el flujo de información.
- En el ámbito estatal y municipal, según un estudio realizado para evaluar las capacidades que tienen estados y municipios para instrumentar la política de cambio climático (INECC-PNUD, 2018), si bien la mayoría de las entidades federativas cuentan con leyes, programas y comisiones intersecretariales de cambio climático, no es posible determinar sus impactos reales en la mitigación o adaptación relativas a este fenómeno.

[17] Se identificó que falta conocimiento en organismos e instituciones sobre cuestiones transversales, como la pobreza, la seguridad alimentaria, la salud y los fenómenos meteorológicos extremos.

- En el ámbito federal, y en los gobiernos estatales y municipales, es necesario reforzar los mecanismos de registro, categorización, seguimiento y sistematización de los recursos financieros, tanto nacionales como internacionales, destinados a actividades de mitigación o adaptación relativas al cambio climático.

Capacidades de comunicación en materia de cambio climático

Resultaron "*moderadas*". Aun cuando las comunicaciones nacionales y el IBA1 presentados por México cumplen con los requerimientos y directrices de la Convención y el IPCC, hay retos importantes:

- El proceso de recolección de información proveniente de las diferentes secretarías puede mejorar en términos de tiempo y recursos. Se identificó que se crean fricciones entre los diferentes sectores y dependencias por peticiones dobles de la información y porque no se aprovecha información existente, reportada y analizada en informes institucionales.
- Existen limitaciones para la obtención de información estatal o municipal. No se tienen los mismos criterios en todas las entidades federativas y en el gobierno federal para la medición, el reporte y la verificación de acciones de mitigación y adaptación, además de que en muchas ocasiones no se documentan las acciones ni se sistematiza la información generada, lo que hace que se pierda información con los cambios de administración gubernamental.

Capacidades para la elaboración de inventarios de emisiones, manejo de datos y factores de emisión

Fueron evaluadas como "*capacidad básica-moderada*" debido a que se requiere fortalecer factores críticos como los siguientes:

- Los flujos de información entre instituciones públicas y privadas de los sectores involucrados, para hacerlos más ágiles y expeditos.
- Homologar criterios, definiciones e indicadores para hacer más eficiente el proceso de recopilación y el procesamiento de la información.
- Desarrollar e institucionalizar mecanismos de revisión y verificación, tanto de la confiabilidad de los datos, como de los resultados de los inventarios.
- Asegurar la disponibilidad de datos y estadísticas, principalmente en categorías como uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura, y residuos sólidos urbanos.
- Desarrollar capacidades técnicas a nivel estatal para el diseño, organización y manejo de bases de datos, así como paquetes de cómputo (como R o Stata) de análisis estadístico, y sistemas de información geográfica (SIG), necesarias para la integración de inventarios.
- Fortalecer capacidades para desarrollar prospectivas de emisiones y para el diseño muestral estadístico.
- Desarrollar capacidades para la implementación y mantenimiento del sistema de gestión de la calidad y para la formación de auditores en la materia.
- Fortalecer los mecanismos de comunicación de los resultados de los inventarios, tanto a nivel federal como local, dirigidos a autoridades, tomadores de decisiones y la población en general.

Capacidades para la instrumentación, evaluación y mejora de medidas de mitigación y adaptación

Resultaron con "*capacidad moderada*" ya que se identificó la necesidad de fortalecer los siguientes aspectos:

- Las metodologías de medición, reporte y verificación (MRV), por ejemplo, para la cuantificación de emisiones y efectos de las acciones de mitigación en diversos sectores.
- Crear capacidades para la adopción de tecnologías bajas en carbono mediante:
  - La formación de recursos humanos técnicos especializados en temas prioritarios.
  - La capacitación de actores clave respecto de las ventajas, desventajas, barreras, externalidades, potenciales de reducción de emisiones, entre otros aspectos, de las distintas tecnologías. (Para mayor detalle sobre estos asuntos, véase el apartado "Necesidades, barreras y apoyo recibido" del *Segundo Informe Bienal de Actualización*, en el **Anexo 1**.)
- El desarrollo de proyectos piloto sectoriales, principalmente para identificar y atender la vulnerabilidad socioambiental a nivel municipal, de comunidades o localidades y de los sistemas naturales.
- La necesidad de mejorar el conocimiento existente en los diferentes órdenes de gobierno y sectores en temas de adaptación, en particular: información climática e información sobre vulnerabilidad y construcción de resiliencia en los diferentes sistemas.
- Promover la obligatoriedad legal del cumplimiento de las políticas públicas enfocadas a la resiliencia de los ecosistemas y el capital natural.
- Mejorar la rendición de cuentas, tanto de recursos públicos, como internacionales y privados.
- Promover nuevas formas de participación con grupos estratégicos; por ejemplo, de comunidades potencialmente afectadas por los efectos adversos del cambio climático.
- Apoyar la realización de investigaciones y la aplicación de tecnología para la realización de pronósticos meteorológicos, avisos y observaciones.
- Mejorar los instrumentos para la adaptación al cambio climático para incorporar un enfoque preventivo e incluyente.
- En el caso de México, el aumento de la inversión en prevención de desastres es de suma importancia, así como el desarrollo de un mercado de seguros contra los riesgos meteorológicos y catastróficos, en lo que el sector privado desempeña un papel relevante.

Capacidades para el mejoramiento de un ambiente propicio, regulatorio y de negocios

Se evaluaron con "*capacidad alta*" debido a que existen medidas sólidas para la remoción de barreras regulatorias y para la promoción de inversiones privadas. Sin embargo, se requiere fortalecer acciones como las siguientes:

- Actualizar el marco regulatorio, como base para implementar mejoras tecnológicas y dar certeza a los diferentes sectores de la economía sobre las directrices de la política climática y las inversiones de recursos financieros y humanos que implica.
- Fortalecer el trabajo entre las diversas secretarías e instituciones de la administración pública y la comunicación con actores clave del sector privado, para favorecer los flujos de información sobre la aplicación de las acciones y para dar seguimiento a los resultados de forma transparente.
- Desarrollar mayor investigación sobre el uso de tecnologías en aquellos sectores con mayor potencial de mitigación.
- En edificaciones, transporte, industria y suministro de energía, es necesario mejorar los métodos para la contabilización de las externalidades de los combustibles fósiles, con la finalidad de adoptar un adecuado mecanismo de mercado de carbono.
- En transporte, se identifica como barrera la falta de homologación de la normatividad a nivel nacional, estatal y municipal para

promover el uso de nuevas tecnologías automotrices con mejores desempeños ambientales y erradicar tecnologías obsoletas en el afán de modernizar las flotas vehiculares del transporte público, así como promover las economías de escala en la producción y la adquisición de estas nuevas tecnologías automotrices a nivel nacional.

- En agricultura y silvicultura, dada la importancia de la seguridad alimentaria, un factor crítico es el fortalecimiento de los mecanismos que fomenten la viabilidad de las tecnologías ecológicamente racionales con limitada rentabilidad a corto plazo.
- En salud pública y adaptación de la zona costera, es importante fortalecer los mecanismos que permitan acceder a sistemas avanzados de monitoreo del tiempo y alertas tempranas, y fortalecer un enfoque preventivo de los efectos del cambio climático.
- En el tema de residuos, es necesario actualizar la normatividad sobre disposición, transporte y uso de residuos, tanto en el ámbito federal como en el municipal. También hay oportunidades para el diseño y ejecución de mecanismos adecuados para fortalecer la valorización de los residuos municipales, agropecuarios o industriales.

Para mayor detalle sobre barreras para la mitigación, véase el *Segundo Informe Bienal de Actualización* incluido en el **Anexo 1** de este documento.

Capacidades para el desarrollo y transferencia de tecnología

Fueron evaluadas como "*bajas*". Aunque se cuenta con centros de investigación tecnológica y fondos para incentivar la innovación y el desarrollo de tecnologías bajas en carbono, aún existen importantes factores que deben ser atendidos en el corto y mediano plazos para el logro de los compromisos nacionales en materia de cambio climático:

- Realizar evaluaciones de las necesidades tecnológicas para dar prioridad a las tecnologías.
- Facilitar el acceso a recursos financieros para adquirir derechos de propiedad intelectual.
- Desarrollar capacidades para la creación de nuevos productos financieros que respondan a las necesidades del país.

Referencias: Financiamiento

AF. 2018. *Parties' Designated Authorities.* https://www.adaptation-fund.org/apply-funding/designated-authorities/#N

BANCOMEXT. (11 de abril de 2016). *Suscribe Bancomext 2 líneas de crédito con el banco de desarrollo alemán kfw, para financiar proyectos de energías renovables en México*. http://www.bancomext.com/comunicados/13315

BANOBRAS. 2017. *Informe anual 2016*. México: Banco Nacional de Obras Públicas.

BDAN. 2018. *Summary of project implementation activities. Active projects*. N. A. Bank, (Ed.) http://www.nadb.org/pdfs/FreqUpdates/ProjectMatrix.pdf

BID. 2015. *Sexto Programa Global de Crédito para el Desarrollo de Mercados Hipotecarios*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-L1163

BID. 2015a. *Reservas Potenciales de Agua como Instrumentos de Adaptación Basada en Ecosistemas*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-T1252

BID. 2015b. *Resilencia*. https://sector.iadb.org/es/adaptacion-al-cambio-climatico/pages/resilencia

BID. 2015c. *ME-M1101: Mecanismo de compensación a productores agropecuarios por captura de carbono*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-M1101

BID. 2015d. *ME-T1272: Apoyo para Damnificados de la Tormenta Tropical Odile*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-T1272

BID. 2015e. *ECON-Programa de Bonos Verdes de proyectos de Eficiencia Energética de Pemex*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-U0005

BID. 2016. *ME-T1303: Apoyo para Damnificados del Huracán Patricia*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-T1303

BID. 2016a. *ME-L1172: Programa Financiero para la Inversión y Gestión de Riesgos en Proyectos de Gas y*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-L1172

BID. 2017. *Supporting National Development Banks to drive investment in NDCs in Brazil, Mexico, and Chile*. Washington D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

BID. 2017a. *El papel central del financiamiento en el Acuerdo de París y las oportunidades para los bancos nacionales de desarrollo*. Banco Interamericano de Desarrollo.

BID. 2017b. *Programa de Apoyo a la Implementación y Fortalecimiento de la Reforma Energética*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-L1264

BID. 2017c. *Esta Casa es Mía: Nuevos Modelos de Vivienda Asequible*. http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-L1254

BID. 2017d. *ME-T1313: Integrando actores en evaluaciones para la gestión sostenible de los manglares*. http://webpoc.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-T1313

BID. 2017e. *ME-T1324: Apoyo para Damnificados de la Tormenta Tropical Earl*. http://bidcomunidades.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=ME-T1324

CAF. 2012. *Informe anual CAF 2012*.

CAF. 2014. *Informe anual CAF 2014*.

CAF. 2015. *Informe anual CAF 2015*.

CAF. 2016. *Informe Anual. CAF 2016*.

CONACYT. 2016. *Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACYT*. https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/semarnat-conacyt

CONAFOR. 2015. *REDD+ en México*. http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/

FIDE. 2017. *Financiamiento para la eficiencia energética en PYMES rebasa la marca de los mil millones de pesos*. http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=726:septiembre-1-2017-financiamiento-para-la-eficiencia-energetica-en-pymes-rebasa-la-marca-de-los-mil-millones-de-pesos&catid=57:noticias&Itemid=267

FMAM. 2015. *El FMAM de la A a la Z*. Global Environment Facility. https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/GEF-A_to_Z_2015_SP_0_0.pdf

FVC. s/f. *Contribution Agreement*.

GCF. s/f. Country Profile. México. https://www.greenclimate.fund/countries/-/country-profiles/mexico

Glemarec, Y. 2011. *Catalyzing Climate Finance: A Guidebook on Policy and Financing Options to Support Green, Low-Emission and Climate-Resilient Development*. New York, USA: United Nations Development Programme.

Gobierno de la República. 2013. *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. México.

Grupo BMV. 2016. *Bonos verdes*. https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/BONOS%20VERDES.pdf

INECC. 2014. *Identificación y análisis de los flujos financieros internacionales para acciones de cambio climático en México. Informe final de actividades*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/94699/CGACC_2014_Identf_ffinancieros_inter_acc_mx.pdf

INECC. 2016. *Financiamiento a las acciones de mitigación en México: evaluación de las experiencias y perspectivas del financiamiento a acciones de mitigación de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en México*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC. 2016a. *Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*. https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/mecanismo-de-desarrollo-limpio-mdl

INECC. 2017. *Consultoría de estimación de costos de las medidas de mitigación hecha para el INECC*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC. 2018. *Costos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas. Medidas Sectoriales No Condicionadas*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330857/Costos_de_las_contribuciones_nacionalmente_determinadas_de_M_xico__dobles_p_ginas_.pdf

IPCC. 2016. *Cross-cutting Investment and Finance Issues. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York: Cambridge University Press.

KFW. 2014. *Annual Report 2013*. Frankfurt am Main Germany.

LEDS LAC. 2017. *Caso de Buenas Prácticas Emisión de Bonos Verdes para financiar Nuevo Aeropuerto Internacional de Ciudad de México*. ttp://proyectoapoyocambioclimatico.pe/wp-content/uploads/2017/01/BP_BV-final.pdf

NAFIN. 2014. *Informe Anual 2013*. México: Nacional Financiera.

NAFIN. 2015. *Informe Anual 2014*. México: Nacional Financiera.

NAFIN. 2016. *Nafin's Annual Green Bond Report*. México: Nacional Financiera.

NAFIN. 2016a. *Informe anual 2015*. México: Nacional Financiera.

NAFIN. 2017. *Informe Anual 2016*. México: Nacional Financiera.

Puig, D., Olhoff, A., Bee, S., Dickson, B. y Alverson, K. (Eds.). 2016. *The Adaptation Finance Gap Report. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme*. http://orbit.dtu.dk/files/124961238/50313_UNEP_GAP_report_2016_v5_SB.pdf

Roa, W. 2016. Gobierno de la CDMX emite bono verde por mil millones de pesos. *Excélsior*. México. http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2016/12/15/1134513

SEMARNAT. 2013. *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*. México.

SEMARNAT. 2015. *México y Dinamarca trabajan proyectos de energía y cambio climático*. http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php/noticias/2166-mexico-y-dinamarca-trabajan-proyectos-de-energia-y-cambio-climatico

SEMARNAT. 2016. *Fondo para el cambio climático*. http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/fondo_para_el_cambio_climatico_2016_mexico.pdf: SEMARNAT, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental.

SEMARNAT-INECC. 2016. *Mexico's Climate Change Mid-Century Strategy*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

SENER. 2016. *Fondo Sectorial Conacyt-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética*. https://www.gob.mx/vinculate/articulos/conacyt-sener-sustentabilidad-energetica-fondo-sectorial-conacyt-secretaria-de-energia-sustentabilidad-energetica

SENER. 2018. Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Informe Dos. México.

SHF. s.f. *Programa de Cooperación Financiera para la oferta de Vivienda Sustentable en México: EcoCasa I*. http://www.ecocasa.gob.mx/Paginas/PROGRAMAS%20DE%20VIVIENDA%20SUSTENTABLE%20SHF/ECOCASA%20I.aspx

SHF. s.f. a. *Componente LAIF del Programa EcoCasa*. Sociedad Hipotecaria Federal. http://www.ecocasa.gob.mx/Paginas/PROGRAMAS%20DE%20VIVIENDA%20SUSTENTABLE%20SHF/Componente%20LAIF.aspx

UNFCCC. 2016. Report of the Standing Committee on Finance to the Conference of the Parties. FCCC/CP/2016/8. https://unfccc.int/resource/docs/2016/cop22/eng/08.pdf

USAID. 2015. *USAID México. Cambio climático global*. https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/DO4FactSheet_10Nov2015_Sp.pdf

Referencias: Tecnología

AMESCO. 2014. Asociación mexicana de empresas ESCO. http://amesco.org.mx/

Cleantech Challenge México. 2018. Cleantech Challenge México. http://cleantechchallenge.org/lo-que-hacemos/

CONACYT. 2014. Logros 2014. Programa especial de ciencia, tecnología e innovación.

CONUEE-ADE. 2017. Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía en el sector alimentario y lechero, 1ª Edición. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/223429/Manual_SGEn_Alimentos_Leche_Final_.pdf

CONUEE. 2016. En línea, el Código de conservación de energía para las edificaciones de México. https://www.gob.mx/conuee/articulos/en-linea-el-codigo-de-conservacion-de-energia-para-las-edificaciones-de-mexico

_____ 2018a. Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) 2014-2018. https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/programa-nacional-para-el-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia-pronase-2014-2018

_____ 2018b. Programa Nacional para Sistemas de Gestión de la Energía 2018. https://www.gob.mx/conuee/

acciones-y-programas/programa-nacional-para-sistemas-de-gestion-de-la-energia-2018

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2015. Acuerdo de París. COP21, 21930, 18. http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf%5Cnhttps://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf

DOF. 2014. Decreto por el que se expiden la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Energía Geotérmica y se adicionan y reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014

_____ 2015. *Ley de transición energética*. México.

_____ 2015b. Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2016. http://www.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5417699&fecha=27/11/2015

_____ 2016. Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2017. http://www.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5463184&fecha=30/11/2016

_____ 2017. Acuerdo por el que la Secretaría de Energía emite el Programa Especial de la Transición Energética. http://www.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5484916&fecha=31/05/2017

_____ 2018. Acuerdo SO/III-18/07,S del H. Comité Técnico del Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales, por el que se aprueban los 35 Estándares de Competencia que se indican. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5538975&fecha=25/09/2018

GIZ. 2016. Guía para la implementación de redes de aprendizaje de eficiencia energética y sistemas de gestión de la energía en el contexto latinoamericano. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/151128/Guia_para_la_implementacion_de_Redes_de_Aprendizaje.pdf

INECC. 2017. *Consultoría de estimación de costos de las medidas de mitigación hecha para el INECC*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC. 2017a. Catálogo de tecnología de biomasa a energía.

_____ 2017b. Catálogo de tecnologías seleccionadas del sector autotransporte en México.

_____ 2017c. Estudios de cadenas de valor de tecnologías climáticas seleccionadas para apoyar la toma de decisiones en materia de mitigación en el sector autotransporte y contribuir al fortalecimiento de la innovación y desarrollo de tecnologías (Vol. 52).

OCDE. 2013. Knowledge-based Start-ups in Mexico.

SENER-IMP-FSE. 2017a. Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico. Biocombustibles Sólidos, 1–47. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306069/Cartera_de_Necesidades_BCS_210218.pdf

_____ 2017b. Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico. Energía Eólica en Tierra. https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008400004

_____ 2017c. Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico. Energía solar fotovoltaica. https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008400004

_____ 2017d. Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico. Eure. https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008400004

_____ 2017e. Cartera de necesidades de Innovación y desarrollo tecnológico Biodiésel, 1–47. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313547/Cartera_Necesidades_Innovacion_BIODIESEL_020318.pdf

_____ 2017f. Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico bioetanol (Vol. 28). https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008400004

_____ 2017g. Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico Geotermia.

_____ 2017h. Diagnóstico tecnológico CEMIE-Sol. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/280280/DTCEMIE-Sol_FINAL24Oct.pdf

_____ 2017i. Diagnóstico tecnológico CEMIE-E Ólico. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/280275/DT_EEOLICA_13DIC_17.pdf

_____ 2017j. Diagnóstico tecnológico CEMIE-Océano. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279709/DT_CEMIEOCEANO_VERSION_131117.pdf

_____ 2017k. Diagnóstico tecnológico CEMIE-Geotermia. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279703/Diagnostico_Tecnologico_CEMIE_GEO_20_Oct.pdf

_____ 2017l. Diagnóstico tecnológico CEMIE-Bio Clúster biocombustibles lignocelulósicos para el sector autotransporte. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296707/DT_Cluster_BCLA.pdf

_____ 2017m. Reporte de inteligencia tecnológica. Biocombustibles sólidos, 1–73. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306072/Inteligencia_Tecnologica_BCS_220218.pdf

SENER. 2015. Centros Mexicanos de Innovación en Energía. https://www.gob.mx/sener/articulos/centros-mexicanos-de-innovacion-en-energia

_____ 2016a. Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética. https://www.

gob.mx/sener/documentos/comite-de-gestion-por-competencias-de-energia-renovable-y-eficiencia-energetica-35733

_____ 2016b. Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/182202/20161110_1300h_Estrategia_CCTE-1.pdf

_____ 2016c. Informe Tres, 1–268. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/161598/Informe_3.pdf

_____ 2016d. Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal (Proyecto Nacional). https://www.gob.mx/sener/documentos/proyecto-nacional-de-eficiencia-energetica-en-alumbrado-publico-municipal-proyecto-nacional

_____ 2017a. Mapa de ruta tecnológica, biocombustibles sólidos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/306074/Mapa_de_Ruta_Tecnologica_BCS_SENER_220218-Red1.pdf

_____ 2017b. Mapa de ruta tecnológica biodiésel. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313545/Mapa_Ruta_Tecnologica_BIODIESEL_200318-RED1.pdf

_____ 2017c. Programa Especial de la Transición Energética 2017-2018. https://www.gob.mx/sener/documentos/programa-especial-de-la-transicion-energetica-2017-2018

_____ 2017d. Reporte de avances de energías limpias. Primer Semestre 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279723/Informe_Renovables_2017_11122017.pdf

_____ 2018. Atlas de zonas con alto potencial de energías limpias. https://dgel.energia.gob.mx/azel/

SENER, CONUEE, IEA, CASEDI, WRI MÉXICO, GIZ... 2017. Hoja de Ruta para el Código y Normas de eficiencia energética para edificaciones en México.

SNITT. 2018. Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología para el Desarrollo Rural (SNITT). http://www.snitt.org.mx/

World Bank. 2018. Proyecto de Eficiencia y sustentabilidad energética en municipios, escuelas y hospitales, 1–2. https://www.gtai.de/GTAI/Content/DE/Trade/Fachdaten/PRO/2018/04/Anlagen/PRO201804195017.pdf?v=1

Referencias: Capacidades

DOF. 2012. *Diario Oficial de la Federación*. Ley General de Cambio Climático. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.

INECC. 2016. Acciones y programas. https://www.gob.mx/INECC/acciones-y-programas/mecanismo-de-desarrollo-limpio-mdl

_____ 2017. Identificación de las Necesidades de Creación de Capacidades del Sector Público en Materia de Cambio Climático y Propuesta de Mecanismos para su Impulso. Informe final. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México.

INECC-PNUD. 2018. Revisar y analizar la información disponible en el INECC sobre las capacidades existentes para atender el cambio climático en los tres órdenes de gobierno mexicano, tomando en cuenta la Política Nacional de Cambio Climático y considerando aspectos normativos, institucionales, de planeación, programáticos y presupuestales en nivel federal, estatal y municipal; Proyecto 85488 Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático. Diana Ponce. México.

IPCC. 2000. Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. http://www.IPCC.ch/ipccreports/sres/tectran/index.php?idp=0

OECD, DAC. s.f, Aid Targeting the Objectives of the Framework Convention on Climate Change. Climate Change Mitigation, Paris, OECD Publishing.

PNUD. 2008. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Desarrollo de capacidades. Nota de Práctica. www.undp.org/content/dam/undp/library/capacity-development/spanish/SP_Nota%20de%20Practica_Desarrollo%20de%20Capacidades

SEMARNAT. 2012. México. *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

_____ 2013. *Estrategia nacional de cambio climático Visión 10-20-40*. México, 1ª Edición.

SENER. 2017. *Inventario nacional de energías renovables*. México. Secretaría de Energía.

UN. 1993. Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. United Nations. New York. United Nations

UNFCC 2003. Guidelines and Manuals for the Preparation of non-Annex 1 National Reports and International Consultation and Analysis. http://unfccc.int/resource/docs/cop8/07a02.pdf

7

Investigación, educación, formación y sensibilización del público

7.1 Investigación sobre el cambio climático en México

Los avances en investigación sobre el cambio climático se han incrementado y diversificado en México con respecto a lo reportado en la Quinta Comunicación Nacional. Destaca una mayor transversalidad en su perspectiva y un aumento importante de investigación con respecto a los asuntos sociales y económicos. El avance en el conocimiento de los últimos años ha permitido identificar, con mayor claridad, evidencias del impacto que el cambio climático de origen antrópico tendrá en varias esferas del Sistema Tierra, al afectar la atmósfera, la biósfera, la hidrosfera y a la humanidad. En ese sentido, las ciencias del cambio climático son aquellas necesarias para entender el clima, su variabilidad y la forma en que éste afecta a otros sistemas naturales y sociales, así como la forma en que éstos, a su vez, afectan al clima.

En cumplimiento del apartado (g) del artículo 4 de la CMNUCC, México realiza esfuerzos para profundizar en el conocimiento sobre emisiones de forzantes climáticos y sus impactos en el calentamiento global. También se realiza investigación científica sobre adaptación y mitigación. En este apartado se presenta un recuento de los artículos encontrados en revistas científicas indizadas y libros publicados, como indicador indirecto de las capacidades de investigación en las ciencias del cambio climático que se tienen en el país. Se supone que, a mayor número de publicaciones aceptadas en revisión por pares, la comunidad de esa disciplina será más robusta y los grupos de investigadores estarán mejor consolidados.

Por lo ampliamente transversal del cambio climático el alcance de esta revisión no incluye todas las contribuciones vinculadas a este fenómeno, pero, aun así, el recuento aquí presentado refleja en buena medida la actividad científica que se ha desarrollado en México en materia de cambio climático. Es importante mencionar que este recuento solamente abarca de 2011 a 2018. Se observará que hay un desarrollo desigual en estas ciencias y que hay áreas de oportunidad o incluso disciplinas en las que es urgente desarrollar capacidades.

Los artículos y/o libros identificados se agruparon en las siguientes categorías: impactos del cambio climático, mitigación y adaptación. A su vez, cada uno de estos tres grandes temas se dividió en los siguientes temas: agricultura, clima, economía, ecosistemas, inventario de emisiones, nivel del mar, política, recursos hídricos, salud y sistemas humanos.

Antecedentes

En México los trabajos de investigación acerca del cambio climático como problema sistémico comenzaron con el Estudio de País: México ante el cambio climático (Gay *et al.*, 1995), hecho con apoyo de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (US EPA, por United States Environmental Protection Agency). En ese estudio se generó el primer inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (Gay, 1995) y se establecieron las bases para una segunda versión de ese trabajo, la cual se incluyó en la Primera Comunicación Nacional de México (SEMARNAT, 1997).

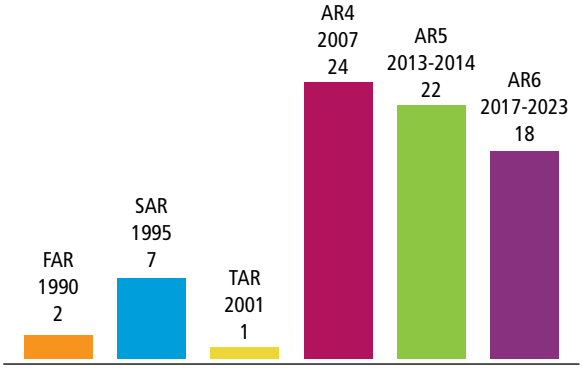
Los avances en las ciencias del cambio climático aportaron información para la elaboración de las subsiguientes comunicaciones nacionales, aunque se hizo cada vez más evidente la necesidad de conocer el estado de dichas ciencias en México y surgieron varias iniciativas para atenderla.

Participación de científicos de México en el IPCC

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) fue creado en 1988 para que facilitara las evaluaciones integrales de lo más avanzado en los campos del conocimiento científico sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.[1] Desde su creación, el IPCC ha publicado cinco informes de evaluación compuestos por varios volúmenes,[2] en los que han participado diferentes expertos nacionales en diversos campos del conocimiento del cambio climático (**Figura 7.1).** A continuación se muestran los reportes con sus títulos en español y su acrónimo en inglés

- Primer Informe de Evaluación del IPCC 1990 (FAR).
- Segundo Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 1995 (SAR).
- Tercer Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2001 (TAR).
- Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2007 (AR4).
- Quinto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2013-2014 (AR5).

Figura 7.1. **Participación de científicos de México en los diferentes reportes del IPCC, 1990-2017**



[1] https://www.ipcc.ch/
[2] https://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

Reporte mexicano de cambio climático

En 2013 el Programa de Investigación sobre Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México (PINCC-UNAM), con el patrocinio del INECC y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), convocó a la comunidad científica mexicana a realizar una revisión del grado de avance de las ciencias del cambio climático. Siguiendo la estructura de los reportes del IPCC, publicó el *Reporte mexicano de cambio climático* (UNAM-PINCC, 2015) en tres tomos:

1. Bases científicas del cambio climático;
2. Investigación sobre vulnerabilidad y adaptación, e
3. Investigación sobre emisiones y mitigación.

En ellos se revisa la literatura científica y gris producida sobre el cambio climático en México. En el conjunto de la obra se citaron 3,214 referencias, entre las que se cuentan 1,110 artículos en revistas indizadas. Entre estos últimos, 297 se publicaron de 2012 a la fecha.

En el primer volumen se muestra la literatura especializada producida por la comunidad académica nacional sobre temas básicos de cambio climático, tales como observaciones atmosféricas y oceánicas, cambios en el nivel del mar, registros paleoclimáticos, ciclos biogeoquímicos, forzamiento radiativo antropogénico y natural, y proyecciones climáticas, entre otros.

Impactos

En el volumen sobre los impactos se identificaron 290 publicaciones; de éstas, los artículos científicos representan las dos terceras partes y el resto corresponde a libros. El rubro con mayor número de estudios es el que se refiere a los ecosistemas, con 72 publicaciones –54 de ellas, artículos– que tratan de las afectaciones a los ecosistemas en general, o a las que experimenta una especie de flora o fauna en particular, o bien a las específicas de ecosistemas como los que se encuentran en los océanos (p.e., corales) o en sus costas (p.e., manglares) (**Figura 7.2**).

Proyecciones climáticas

Del rubro de proyección de clima hay 65 publicaciones: 53 en revistas y el resto en libros. Entre estos estudios se incluyen efectos y modelaciones del clima por un periodo prolongado, estudios de paleoclima y proyecciones en caso de la ocurrencia de eventos extremos. Los estudios de clima enfocados a un sitio específico corresponden al tercer rubro, con 34 artículos y 45 publicaciones en total.

Adaptación

En este tema se cuentan, en total, 81 publicaciones, lo cual puede deberse a que es un tema emergente. En este caso, el rubro más importante es el de los sistemas humanos, con estudios sobre acciones de adaptación al cambio climático, en particular en zonas rurales; por ejemplo, pesca programada o tala sustentable. Le sigue el rubro de ecosistemas con 22 publicaciones y, por último, el de instrumentos de gestión, con 19 publicaciones. De estas últimas, la mayoría se refiere a estudios sobre impuestos a emisiones (**Figura 7.3**).

Emisiones y mitigación

En mitigación de emisiones de GEI, con 178 publicaciones, se observa que el tema predominante es el estudio de la mitigación en ecosistemas (71 publicaciones, de las cuales 54 son artículos científicos); le siguen los estudios de mitigación por el uso de energías alternativas o sustentables, con 36 publicaciones, y en tercer lugar los correspondientes a inventarios de emisiones, con 26 publicaciones. Se encontraron seis publicaciones sobre economía, 29 relacionadas con inventarios de emisiones y ocho artículos relacionados con la determinación de factores de emisión en distintas fuentes. (**Figura 7.4**)

Figura 7.2. **Impactos del cambio climático**

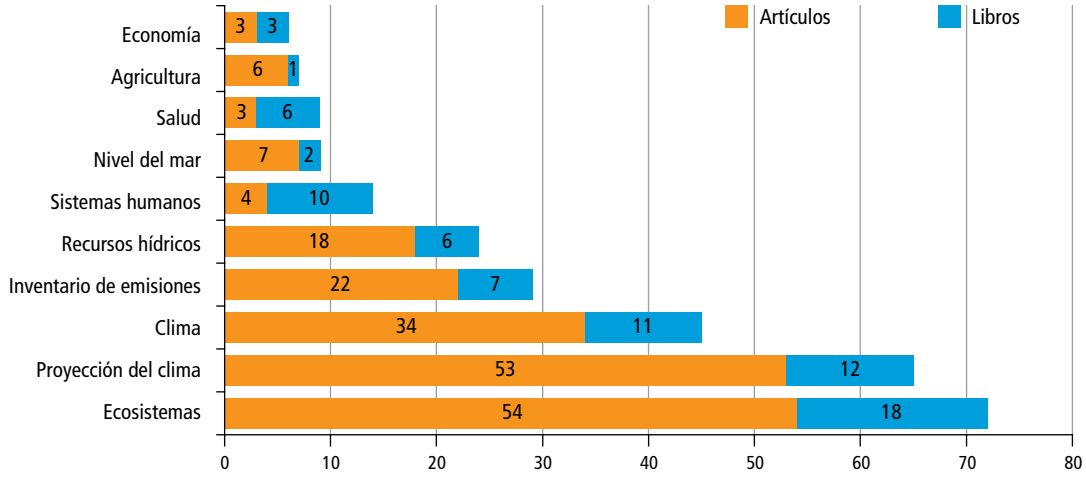


Figura 7.3. **Adaptación ante el cambio climático**

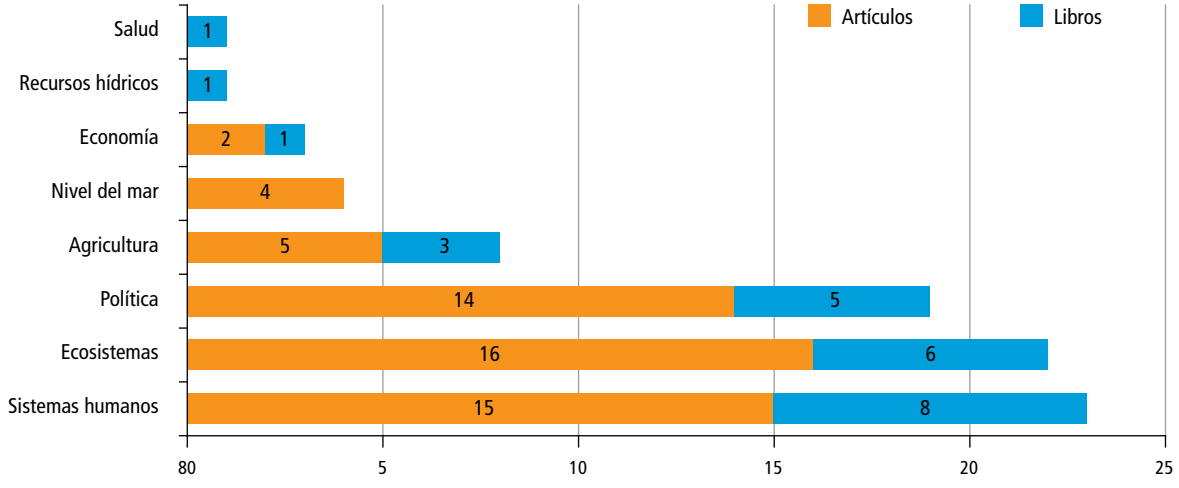
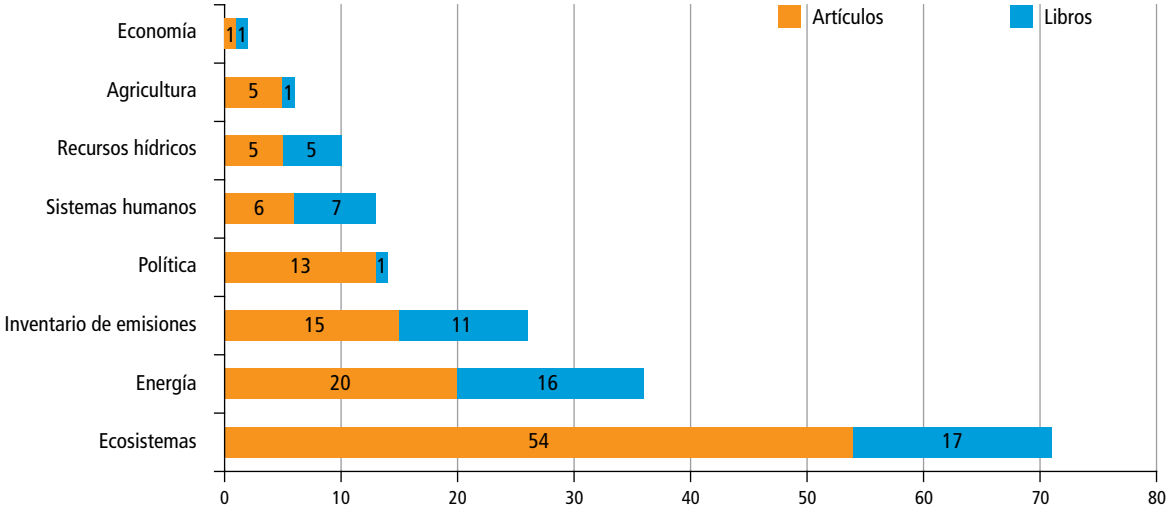


Figura 7.4. **Mitigación del cambio climático**



Otras fuentes de información

Para contar con estudios más recientes se revisó también la bibliografía utilizada en varios capítulos de esta Sexta Comunicación Nacional y en estudios realizados como insumos para la misma. En relación con el estudio de zonas de captura y almacenamiento de carbono azul (INECC-PNUD, 2017a), se encontraron siete artículos, y en el capítulo sobre el diagnóstico del estado actual de los mares (PNUD, 2017b), 58 artículos publicados en revistas indizadas referentes a estudios en México.

En el estudio del análisis de las condiciones climáticas holocénicas (INECC-PNUD, 2017c), se contaron 21 artículos científicos, de los cuales solamente 10 son posteriores a 2011 y se refieren a ecosistemas.

En el capítulo de adaptación se citan 5 artículos sobre eventos extremos, 18 artículos referentes a política pública en el uso de recursos hídricos, 17 sobre vulnerabilidad de recursos hídricos y 19 artículos recientes referentes a los cambios de clima en diferentes regiones del país.

Forzantes climáticos de vida corta

Con respecto a los forzantes climáticos de vida corta (FCVC) se revisaron y compilaron los trabajos científicos realizados en México para fortalecer las capacidades nacionales en la comprensión y mitigación de los FCVC. A partir de las recomendaciones del Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone (Shindell, 2011), el INECC, la UNAM y el Molina Center for Energy and Environment (MCE2) desarrollaron el primer estudio "*Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación*", en 2011 (Molina y Ruiz Suárez, 2011). En ese reporte se citan 48 artículos que se publicaron entre 2000 y 2010, en revistas científicas indizadas, con temas relacionados con emisiones de FCVC. Como resultado de ese estudio se desarrolló el proyecto *Integrated responses to short lived climate forcers promoting clean energy and energy efficiency*, en 2016 (MCE2 e INECC, 2016). Entre sus resultados se cuentan 19 artículos científicos en revistas indizadas, derivados en forma directa o indirecta de ese proyecto.

También como insumo para esta Sexta Comunicación Nacional se desarrolló el estudio *La química atmosférica en México con relación a los gases de efecto invernadero y los contaminantes climáticos de vida corta. Estado del arte, propuestas y agenda* (INECC-PNUD, 2018), en el que se identificaron 229 artículos publicados por científicos mexicanos, desde 2012, en revistas científicas indizadas; los temas, relacionados con contaminación atmosférica, salud, inventarios y modelación atmosférica, conllevan investigaciones de FCVC. En ese estudio también se revisaron las capacidades nacionales de monitoreo de FCVC y modelación, y se desarrolló una propuesta de agenda científica elaborada con la participación de integrantes de la comunidad científica en química atmosférica. Además, se identificaron nuevos grupos de investigadores activos en temas vinculados con la contaminación atmosférica y el cambio climático en varios estados del país.

Redes temáticas

El CONACYT, organismo del gobierno mexicano dedicado a promover la ciencia y la tecnología, ha impulsado la generación de fondos para la investigación relacionados con el cambio climático, la sustentabilidad y la energía, entre otras áreas del conocimiento. Un esfuerzo reciente es el Programa de Investigación de Largo Aliento (PILA) de Cambio Climático y Sustentabilidad, orientado a desarrollar conocimiento con un enfoque multidisciplinario, para incidir en la elaboración de políticas públicas.[3]

[3] https://centrosconacyt.mx/objeto/pilas/

El CONACYT también creó el Programa de Redes Temáticas, que promueve la colaboración interdisciplinaria para atender problemas de magnitud nacional desde una perspectiva multidimensional con enfoques temáticos. Estas redes tienen por objetivo reunir, en un mismo espacio, a académicos, servidores públicos y profesionistas del sector privado y del social.

Las redes temáticas propician y fortalecen la transferencia de conocimiento y la apropiación social del mismo en el sector público y en el privado; también facilitan a la academia la identificación de temas para enfocar su investigación. De las 86 redes vigentes,[4] se identificaron 14 cuyos objetivos se refieren de forma directa o indirecta a las ciencias del cambio climático. Aunque el nivel de consolidación de esas redes es desigual, y también lo es su vinculación declarada con estos dos grandes problemas, existe una reserva de recursos humanos de alto nivel a partir del cual potenciar la construcción de capacidades.

[4] https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-cientifico/redes-tematicas-conacyt/directorio-de-redes-tematicas-conacyt

Sobre la agenda científica en cambio climático

En el ámbito de la ciencia básica del clima es importante continuar el estudio e incrementar el número de investigadores mexicanos en asuntos como la generación de proyecciones en escalas de tiempo decenales o la actualización del Modelo Termodinámico del Clima de Adem y/o la creación de nuevos modelos. Es asimismo necesario generar proyectos de investigación para el desarrollo de sistemas de alerta temprana con indicadores climáticos a distintas escalas de tiempo, así como mapas de riesgo interactivos por regiones y estados.

Es evidente la falta de artículos y literatura técnica y científica aplicada a México sobre la adaptación de alimentos y biomasa para las poblaciones urbanas, la adaptación del transporte y sistemas de telecomunicaciones, la habilitación de marcos, condiciones y herramientas para el aprendizaje de la gobernanza y el involucramiento de los ciudadanos, la sociedad civil, el sector privado y otros actores en las medidas de adaptación.

Se necesita un mayor número de publicaciones producto de investigaciones en el ámbito en las medidas de adaptación ante el cambio climático en las áreas urbanas, abordando problemas como la pobreza. Se requiere también más investigación práctica y capacitación para el aprovechamiento integral de los recursos naturales; de ahí la relevancia de la educación ambiental, la ética, la equidad y la participación comunitaria.

Es importante establecer una agenda científica integrada con respecto al tema de la contaminación atmosférica y su relación con el cambio climático, siendo ambos ejes centrales para comprender, desde otros ámbitos científicos, los beneficios de las acciones de mitigación en la salud humana, los ecosistemas y la productividad agrícola, los cuales finalmente están relacionados con los beneficios económicos, la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación.

Se observa la necesidad de contar con más y mejor información validada. Asimismo, se reconoce que la investigación arbitrada generada por investigadores mexicanos en el ámbito internacional aún es escasa, por lo que es necesario generar mayores oportunidades para que éstos sean citados por otros investigadores y que dichos materiales puedan ser utilizados por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático en sus reportes de evaluación.

Un tema prioritario es la necesidad de que exista mayor inversión en educación e investigación científica y humanística, porque ello permitirá modificar valores culturales y patrones de consumo y producción para enfrentar el cambio climático.

7.2 Educación, formación y sensibilización del público

Marco legal internacional y política nacional de educación

México ha suscrito los principales instrumentos internacionales que promueven la educación y sensibilización del público ante el cambio climático. De 2013 a la fecha el país se ha comprometido a cumplir con lo establecido en la Declaración Ministerial de Lima sobre la Educación y la Sensibilización (UNESCO, 2014), donde se destaca que la participación del público y su acceso a la información son esenciales para elaborar y aplicar políticas efectivas que permitan luchar contra el cambio climático; el Acuerdo de París (2015), el cual señala en el artículo 12 que las partes deberán cooperar en la adopción de las medidas que correspondan para mejorar la educación, la formación y participación del público y el acceso público a la información sobre el cambio climático, teniendo presente la importancia de estas medidas para mejorar la acción frente a este fenómeno global; los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), que en el Objetivo 13, Acción por el clima, establecen (meta 13.3): "Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana".

La política nacional de educación, formación y sensibilización del público en materia de cambio climático está plasmada en diversos instrumentos jurídicos y de planeación, que establecen las bases para la realización de acciones en esta materia.

La Ley General de Educación establece, en su artículo 7, que la educación que impartan el Estado y sus organismos descentralizados deberá inculcar los conceptos y principios fundamentales de la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable, la prevención del cambio climático y la valoración de la protección y conservación del medio ambiente, y determina que se deberá proporcionar a la población los elementos básicos de protección civil, mitigación y adaptación ante los efectos que representa el cambio climático y otros fenómenos naturales (*DOF,* Fracción reformada, 28-01-2011).

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada en junio de 2012 y en vigor a partir de octubre de ese mismo año, establece en sus artículos 2, 7, 8, 9, 30 y 34 el objetivo de fomentar, en todos los niveles educativos, la educación en materia de adaptación al cambio climático y mitigación del mismo, la realización de campañas de educación e información para sensibilizar a la población sobre las causas y los efectos de la variación del clima y los efectos adversos del cambio climático, y la promoción de cambios de patrones de conducta, consumo y producción para reducir emisiones y desarrollar estrategias de adaptación, tanto en el ámbito federal como en el estatal y el municipal. Asimismo, otorga al INECC la atribución para proponer al Sistema Educativo Nacional el contenido educativo de libros, libros de texto y materiales didácticos sobre cambio climático.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 20-30-40 (ENCC), publicada en 2013, establece como uno de los pilares de la política de cambio climático el desarrollo de una cultura climática que se traduzca en valores, conciencia, conocimiento, cambios de comportamiento y actitudes en la población, que ayuden a disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia frente a este fenómeno, así como a disminuir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI).

El Programa especial de cambio climático 2014-2018 (PECC), si bien no establece estrategias o líneas de acción específicas en materia de educación, sí identifica actividades relevantes en esta materia para instrumentar la política nacional de cambio climático, tales como la realización de campañas y programas de educación y divulgación para promover el consumo sustentable y el aprovechamiento de energías renovables, así como la promoción de una cultura preventiva de atención a los riesgos provocados por el cambio climático.

Enseñanza formal

Educación primaria

La enseñanza primaria está conformada por seis grados de escolaridad y tiene un programa de estudios específico para cada uno de ellos, organizado en asignaturas. En el país, desde 2011, los libros de texto gratuito de la Secretaría de Educación Pública (SEP) abordan el tema de la energía desde el primero hasta el sexto grado.

El cambio climático se estudia de manera explícita en la materia de Geografía en quinto año y en la de Ciencias Naturales en sexto año, cuyos contenidos se revisaron en 2014. En 5° grado se explica qué es el cambio climático y cuáles son sus consecuencias, con referencias a los conceptos de riesgo y vulnerabilidad; en 6° grado se explica el calentamiento global en México y su vinculación con aspectos tales como clima, vegetación, agricultura, agua, zonas costeras y población. Además, en este nivel se analizan los efectos ocasionados por este fenómeno y se pide al alumnado identificar soluciones y proponer acciones de mitigación y adaptación.

Para continuar con la incorporación de contenido educativo sobre cambio climático en libros de texto y materiales didácticos del Sistema Educativo Nacional, y dar cumplimiento a la LGCC, en 2017 el INECC coordinó el desarrollo de propuestas específicas para incluir contenidos sobre cambio climático en los libros de texto gratuitos de todos los grados de educación primaria (INECC-PNUD 2017c).

Estas propuestas reconocen las múltiples interacciones que se dan entre los sistemas ecológico, social, económico y cultural, así como los vínculos que existen entre lo global y lo local, y entre lo colectivo y lo personal, para atender el cambio climático, y se hicieron a partir de la revisión de los libros de Español, Ciencias Naturales, Formación Cívica y Ética, Educación Artística, Geografía, Historia y Matemáticas. En adelante se revisarán conjuntamente con la SEP, que es la dependencia encargada de los contenidos de dichos libros.

Educación secundaria

Desde 2011, diversas materias de este nivel educativo cuentan con contenidos sobre cambio climático. Entre ellas Ciencias 1 (con énfasis en Biología) y Ciencias 2 (con énfasis en Física). Ambos cursos están diseñados para promover la reflexión del alumnado respecto del impacto de sus acciones en el medio ambiente y para proponer soluciones.

Educación media superior

Actualmente el plan de estudios de la educación pública en este nivel educativo no incorpora explícitamente el tema de cambio climático. La SEP, en el marco de la Reforma Educativa impulsada en 2017 desarrolló propuestas para su inclusión en los planes y programas de estudios del Nuevo Modelo Educativo en la asignatura de Ecología y medio ambiente a partir de 2018 (SEP, 2017).

Asignatura estatal

Además de las materias que tienen cobertura nacional, también se han creado contenidos educativos específicos para cada entidad federativa del país, una vez reconocida la importancia de atender las circunstancias particulares de cada una de ellas. Es el caso de las asignaturas y talleres estatales, cuyos planes de estudio se elaboran localmente.

Uno de los campos temáticos de la asignatura estatal es el de educación ambiental para la sustentabilidad. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), asesoró a los equipos técnicos para el diseño de asignaturas relacionadas con este campo. En ellas se abordan problemas como la destrucción de la capa de ozono, la contaminación del agua, la deforestación y la pérdida de biodiversidad, entre otros.

Actualmente, por lo menos 19 estados tienen su programa de educación ambiental ya desarrollado y 7 de ellos –Durango, Hidalgo, Morelos, Quintana Roo, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas– incluyen contenidos específicos sobre cambio climático.

Educación superior

En este nivel existen avances significativos. Las principales universidades e instituciones de educación superior, agremiadas en la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), han incorporado el tema de cambio climático en el desarrollo de sus investigaciones y han llevado a cabo congresos, diplomados y cursos que contribuyen a la formación de capital humano en esta materia. Por ejemplo:

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Tiene programas de licenciatura y posgrado con asignaturas específicas sobre cambio climático, como se muestra en la **Tabla 7.1**.

Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Cuenta con el Programa Institucional de Cambio Climático y Sustentabilidad (PROCLIMAS) que se inscribe en el mecanismo de apoyo liderado por ONU Medio Ambiente con recursos del gobierno de España –a través del Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y la Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe (Regional Gateway for Technology Transfer and Climate Change Action in Latin America and the Caribbean, REGATTA)–. Promueve el intercambio de conocimientos sobre tecnologías y experiencias en materia de desarrollo, la transferencia de tecnologías para la reducción de emisiones de carbono, y el desarrollo de resiliencia climática para la región de América Latina y el Caribe.

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

Imparte la maestría en Energía y medio ambiente, con asignaturas sobre energía y cambio climático y eficiencia energética.

Tabla 7.1. **Materias sobre cambio climático que se imparten en la UNAM**

Materia	Programa en el que se imparte
Cambio climático global	Licenciatura en Manejo Sustentable de Zonas Costeras, campus Sisal, Yucatán.
Economía del cambio climático	Especialización en Economía Ambiental, Facultad de Economía, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.
Estrategias de mitigación y adaptación	Licenciatura en Ciencias Ambientales, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Michoacán.
La biosfera y el cambio climático	Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Ciudad de México.
Energías renovables	Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.
Temas selectos: cambio climático	Curso de posgrado que se imparte en varias facultades e institutos de la Universidad.

Fuente: Elaboración propia con datos de internet.

Universidad Iberoamericana Campus Puebla (Ibero Puebla)

Imparte la licenciatura en Ciencias ambientales y desarrollo sustentable, que incluye la materia de Cambio climático.

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)

Imparte la carrera de ingeniería en Desarrollo sustentable, enfocada principalmente en la eficiencia energética.

Instituto de Investigaciones Doctor José María Luis Mora

También conocido como Instituto Mora, imparte el "Diplomado sobre desastres y cambio climático" en conjunto con la Red Mexicana de Estudios Interdisciplinarios para la Prevención de Desastres, A.C, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM (PINCC).

Programas de capacitación

En los últimos años se han llevado a cabo múltiples actividades de capacitación, tanto para servidores públicos como para público en general, a lo largo del territorio nacional. Ejemplos de estas actividades son los talleres presenciales, cursos en línea, diplomados, ciclos de video, conferencias y seminarios, entre otras. Algunos ejemplos se muestran en la **Tabla 7.2**.

Tabla 7.2. **Programas de capacitación del CECADESU**

2012	Cursos en línea en plataforma autoadministrable. Se realizaron 5 ediciones del curso "Cambio climático: ciencia, evidencia y acciones" con una duración de 40 horas. Se capacitó a 3,500 servidores públicos.
	Diplomado "Cambio climático y agricultura sustentable", en el que participaron 9 instituciones, 84 expertos y 35 alumnos.
2013	Programa estatal de educación, capacitación y comunicación ambientales en condiciones de cambio climático en Morelos.
	Taller de "Promotores ambientales en cambio climático", realizado en coordinación con la Red Mexicana de Organizaciones Campesinas Forestales, A.C. (Red MOCAF), con representantes de comunidades forestales de municipios de los estados de Coahuila, Chiapas, Michoacán, Puebla y Veracruz.

Tabla 7.2. **(Continuación)**

2014	Diplomado en línea "Manejo de cuencas hidrográficas en un contexto de cambio climático en México", realizado en colaboración con la maestría en Gestión de cuencas de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), con la participación de 90 representantes de las delegaciones federales de SEMARNAT, CONAGUA, CONAFOR, INECC, CONANP, SAGARPA, instituciones de educación superior y organizaciones de la sociedad civil, como WWF-México y Fundación Río Arronte.
2015	Diplomado "Gestión ambiental municipal para adaptación al cambio climático".
	Foros estatales para la formación de capacidades locales en los procesos de adaptación al cambio climático. Se realizaron doce foros de manera simultánea en los que participaron 600 personas.
	Talleres regionales para el fortalecimiento de capacidades adaptativas integrales. Se realizaron 6 talleres con representantes de instituciones de educación superior y organizaciones de la sociedad civil que tuvieron apoyo del programa de subsidios 2016 para compartir las metodologías orientadas a mejorar su papel como mediadores para el fortalecimiento de capacidades adaptativas locales
2017	Ciclo de videoconferencias "Fortalecimiento de capacidades adaptativas ante el cambio climático", en el que se registraron 2,866 personas, 2,040 de manera individual y 826 como parte de las 123 instituciones inscritas.

Fuente: CECADESU-SEMARNAT.

Educación no formal

La educación no formal también es parte de las estrategias de sensibilización sobre el cambio climático. Destaca la participación de centros y museos de ciencia y tecnología para difundir los conocimientos básicos sobre cambio climático y algunas de las acciones que la población puede tomar para combatir sus efectos.

Centros de educación ambiental

El CECADESU estableció más de 400 Centros de Educación Ambiental (CECA), nueve de ellos dedicados al cambio climático en las siguientes localidades:

- Mexicali, Baja California.
- Pachuca, Tula-Tepeji y la región Huasteca de Hidalgo.
- Cancún, Quintana Roo.
- Mérida, Yucatán.
- Toluca, Ixtapan de la Sal, Valle de Bravo, Texcoco, Atlacomulco y Metepec en el Estado de México.

Casas de la Tierra

Estos centros de interpretación forman parte de la Red Global de Educación y Vigilancia Climática Sir Crispin Tickell y fueron creados para sensibilizar a la población en torno de la gravedad de los impactos del cambio climático, con la finalidad de que modifique la perspectiva que tiene del planeta. En México, la Red de Casas de la Tierra se encuentra en las siguientes entidades: Aguascalientes, Estado de México (Atlacomulco, Metepec, San Martín de las Pirámides y Valle de Bravo), Michoacán, Nuevo León, Tamaulipas (Cd. Madero y Reynosa), Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz.

Museos de ciencia

En México existen museos y centros de ciencia y tecnología que han organizado exposiciones, conferencias y programas educativos sobre cambio climático. Algunas de las más relevantes se mencionan en la **Tabla 7.3**.

Tabla 7.3. **Exposiciones sobre cambio climático en México**

Museo	Exposición	Año
Universum (Ciudad de México)	Exposición itinerante "El cambio climático ya está aquí"	2017
Explora Centro de Ciencias (León, Gto.)	Programa Cuidadores del Planeta	2017
Papalote, Museo del Niño (Ciudad de México)	Exposición temporal "Plántate contra el cambio climático"	2016
CONACYT y el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco	Exposición itinerante "Cambio climático"	2017
Museo Universitario de la Vida (Campeche, Camp.)	Sala Permanente Fuego	2014 a la fecha
Museo de Ciencias de Morelos (Cuernavaca, Mor.)	Sala Permanente Cambio Climático	2012 a la fecha
Museo Interactivo de Economía (MIDE), Ciudad de México	Actividad participativa "Foro de cambio climático"	2011 a la fecha
Museo de Historia Natural (Ciudad de México)	Exhibición permanente "Observatorio de Cambio Climático"	2010 a la fecha

Fuente: Elaboración propia con datos de internet.

Campañas de información pública

Con el fin de informar al público en general sobre qué es el cambio climático, sus impactos y las acciones que se pueden llevar a cabo para mitigarlo y adaptarnos a este fenómeno, se realizaron diversas campañas, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

Fans del Planeta proporciona elementos para conocer y comprender el impacto que tienen las acciones cotidianas en el entorno y lo que cada persona puede hacer para mejorarlo (http: //fansdelplaneta.gob.mx/);

Rompe con el Cambio Climático, presenta información en materia ambiental para reconocer y estimular la organización y participación en acciones que contribuyan a hacer frente al cambio climático, tanto en zonas rurales como urbanas del país (http: //rompeconelcambioclimatico.gob.mx/);

Tour Cinema Planeta, se organiza con el objetivo de sensibilizar a la población sobre la problemática ambiental global y local, mediante proyecciones de cine y cine-debates;

Campaña de sensibilización sobre el proceso REDD +. Se instrumenta en el marco de la estrategia de comunicación de la ENAREDD + mediante la difusión de materiales educativos y la utilización de distintas plataformas y espacios;

Campaña de comunicación social "Cambio yo, cambias tú, cambia todo" puesta en operación por el INECC a finales de 2017, con el fin de explicar qué es el cambio climático y cuáles son las principales acciones de mitigación y adaptación que se han desarrollado en México para combatirlo. Esta campaña ha sido la iniciativa de información más completa y con mayor cobertura sobre cambio climático que se haya llevado a cabo en México. La campaña se difundió a nivel nacional a través de una estrategia multiplataforma que incluyó televisión y radio, medios digitales, impresos y mobiliario urbano.

Actividades de los gobiernos locales

Como parte de las líneas de acción del PECC, de la coordinación con el SINACC y de los programas estatales de cambio climático, las entidades federales y las autoridades municipales también han emprendido campañas de información, sensibilización y educación sobre el cambio climático.

Iniciativas estatales

Buena parte de los estados del país tiene programas de educación ambiental en escuelas públicas y privadas, y en oficinas y centros de trabajo, que incluyen el tema de cambio climático. Se han impartido múltiples talleres y cursos en Aguascalientes, Chiapas, Coahuila, Jalisco y Sonora, entre otros. Se han desarrollado páginas web con secciones específicas sobre este tema que incluyen información, videos y materiales de capacitación orientados a disminuir la vulnerabilidad o a promover acciones locales de mitigación y adaptación en entidades como Baja California, Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Durango y Guanajuato.

Iniciativas municipales

Debido a la importancia del tema y a la alta vulnerabilidad de muchos de los municipios de México, en la gran mayoría de éstos se llevan a cabo actividades de mejoramiento ambiental, como recolección de basura, reforestación y cuidado del agua, al tiempo que se organizan pláticas dirigidas en su mayoría a estudiantes de educación básica: preescolar, primaria y secundaria; el cambio climático es uno de los temas que se tratan.

También se han creado organizaciones municipales para atender el tema, tales como la Junta Intermunicipal del Medio Ambiente de la Costa Sur (JICOSUR), que agrupa a seis municipios de Jalisco y cuenta con el Plan de Acción Climática Regional elaborado en 2015 y con la "Estrategia intermunicipal de educación para la sustentabilidad y comunicación local del valor de los bosques para la REDD+".

Iniciativas de instituciones gubernamentales

Algunas dependencias y organismos federales han emprendido programas de sensibilización y educación sobre cambio climático, los cuales concuerdan con los objetivos de la ENCC y los programas sectoriales de su competencia. Algunas iniciativas se muestran en la **Tabla 7.4**.

Tabla 7.4. **Acciones de educación en dependencias y organismos federales**

Secretaría	Iniciativa
Secretaría de Energía (SENER)	"Balón de Luz" es una iniciativa de difusión y concientización sobre la importancia de las tecnologías limpias por medio de la distribución de balones de futbol capaces de generar energía eléctrica. El objetivo es proveer a las familias de escasos recursos, en zonas rurales sin acceso a electricidad, de un medio de iluminación con energía renovable, y a la vez difundir el uso de tecnologías limpias para crear una cultura de la sustentabilidad. El programa calculó la generación de 256 kWh por los balones entregados, lo cual evitó la emisión de 0.1714 t de CO_2 y la reducción de hasta 50% del número de velas utilizadas por cada beneficiario.
	Programa de capacitación para profesionalizar a académicos de varias regiones del país a través del desarrollo de proyectos de energías renovables y eficiencia energética. Como resultado se formalizaron convenios de trabajo con las instituciones sedes: Universidad Autónoma de Sonora, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Universidad Autónoma de Yucatán, y con el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.

Tabla 7.4. (Continuación)

Secretaría	Iniciativa
Secretaría de Marina (SEMAR)	Imparte pláticas y conferencias de concientización ecológica a la población de los municipios costeros sobre temas relacionados con el cambio climático, principalmente en escuelas, sector pesquero y prestadores de servicios turísticos.
Secretaría de Turismo (SECTUR)	Ofrece asesorías sobre cambio climático a negocios y gobiernos locales en los principales centros turísticos, las cuales están enfocadas sobre todo en medidas de adaptación. En su Centro de Documentación Virtual se encuentran disponibles varias publicaciones de divulgación sobre el tema.
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	Publicó la "Guía municipal de acciones frente al cambio climático con énfasis en desarrollo urbano y ordenación del territorio".
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)	Semana Nacional de Ciencia y Tecnología 2016 "Cambio climático: piensa globalmente, actúa localmente" realizada en la Ciudad de México. Se presentaron 10 exposiciones interactivas de museos y centros científicos, 177 talleres de ciencia recreativa, 59 redes científicas y laboratorios nacionales, 15 conferencias, 15 medios de comunicación y una muestra de 6 empresas innovadoras científico-tecnológicas, enfocados todos en cambio climático.
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP-SEMARNAT)	Creó la página de internet Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas, con contenido informativo sobre la Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas y desarrolló la aplicación ANP México para teléfonos móviles, a fin de difundir la importancia de las áreas protegidas como sitios de alta biodiversidad y con valor estratégico para enfrentar el cambio climático: Esta aplicación es la primera en su tipo en el país; contiene información sobre 39 de estas áreas. Asimismo, desarrolló la serie Faros de Esperanza, que consta de 20 videos cuya producción fue respaldada por diferentes colaboradores, tales como el Proyecto Resiliencia,* Parks Canada y la Agencia Alemana para el Desarrollo (GIZ, por sus siglas en alemán). Estos videos tienen como propósito difundir el mensaje de que la mejor inversión para el desarrollo sustentable y para hacer frente al cambio climático son las áreas naturales protegidas (CONANP, 2016).
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR-SEMARNAT)	Tiene diversos programas de capacitación para el Programa REDD. Creó también la Red Nacional de Divulgadores de la Cultura Forestal, mediante el cual se capacita a miembros de asociaciones civiles, instituciones gubernamentales y educativas para realizar actividades educativas sobre reforestación, servicios ambientales del bosque y prevención de incendios. Estas actividades se han impartido en los estados de Michoacán, Querétaro, Quintana Roo, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, Zacatecas, Colima, Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Durango, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Oaxaca y Tabasco.
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-SEMARNAT)	Campañas de sensibilización sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC) y buenas prácticas en la época invernal. Cartel "El Acuerdo de París y los compromisos de México en materia de cambio climático". Video "Adaptación de Humedales Costeros del Golfo de México ante los Impactos del Cambio Climático". Exposiciones "Adaptación en humedales", "El cambio climático nos toca", "Acciones conjuntas para enfrentar el cambio climático" Foros y reuniones dirigidas a niños (en coordinación con UNICEF); jóvenes (Foro "Cambio Climático: Perspectivas y Acciones", organizado conjuntamente con el gobierno de Jalisco y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) en el marco de la 45ª Reunión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2017. Encuentros Nacionales de Cambio Climático 2016, 2017, 2018. Materiales digitales de divulgación (www.gob.mx/elcambioclimaticonostoca) Talleres para medios de comunicación 2017 y 2018. Página País "México ante el Cambio Climático". Se desarrolla en coordinación con INEGI y SEMARNAT, con el objetivo de dar cumplimiento al artículo 107 de la LGCC y concentrar y difundir el conocimiento de los avances nacionales en materia de cambio climático para promover la toma de decisiones informada, así como el interés de la ciudadanía y los diversos sectores. La página, que será el portal del Sistema Nacional de Cambio Climático, estará lista a finales de 2018.

* El proyecto Fortalecimiento de la Resiliencia para Salvaguardar la Biodiversidad Amenazada por el Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas (PNUD) constituye un marco de cooperación para el fortalecimiento de la efectividad del manejo de las áreas protegidas de México para hacer frente al cambio climático. Tiene presencia en 17 áreas protegidas, su ejecución está a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y se implementa con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México, y un donativo del Fondo Mundial para el Medio Ambiente Mundial contribuye a su financiamiento. Para mayor información, consultar en: http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/salvaguarda-de-la-biodiversidad-amenzada-por-el-cambio-climatico.html

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por las dependencias.

Iniciativas de organizaciones de la sociedad civil

Las iniciativas de México para enfrentar los efectos del cambio climático son resultado de un esfuerzo participativo con diferentes sectores de la sociedad, entre ellos las fundaciones y organizaciones de la sociedad civil. Éstas han trabajado en todo el territorio nacional, llevando a cabo actividades como las siguientes:

- Cursos breves y de alta especialización en gestión de la energía y cambio climático (Proyecto Tierra, 2018)
- Iniciativas para fomentar escuelas bajas en emisiones (Pides Innovación Social)
- Aplicaciones para calcular emisiones de CO_2 (Pides Innovación Social)
- Proyectos para impulsar mercados voluntarios de carbono forestal (PRONATURA, A.C.)
- Acciones para evitar la emisión de partículas a la atmósfera y ayudar a mitigar el cambio climático (Biocenosis, 2018)
- Manuales y libros para docentes y estudiantes de educación básica y media (Centro Mario Molina, 2014a y 2014b)
- Diplomados "Enseñanza del cambio climático" (Centro Mario Molina)
- Diversas campañas, como "La Hora del Planeta" (WWF, 2018).
- Acciones de acompañamiento a grupos vulnerables ante los efectos del cambio climático (REDPAR, 2018)

Cooperación internacional

De conformidad con lo establecido en el artículo 6 de la CMNUCC, México ha emprendido proyectos educativos de cooperación internacional en colaboración con organizaciones y gobiernos de otros países. Algunos ejemplos se muestran a continuación.

Asociación Público-Privada AECID, MIDE, INECC, AMEXCID

La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional (AMEXCID), el INECC y el Museo Interactivo de Economía de la Ciudad de México (MIDE) se asociaron en 2015 para crear el proyecto *Comunicación y Divulgación Científica en Materia de Cambio Climático*. Como resultado de este proyecto se generó una plataforma de comunicación digital dirigida a la población en general, que ofrece información sobre cambio climático y sus impactos en las distintas regiones del país, así como propuestas de acciones para mitigación y adaptación[5]. El material que se generó para el micrositio se expone también en el MIDE en una sala dedicada al cambio climático.

Memorando de entendimiento entre INECC y UNICEF

Acuerdo firmado entre el INECC y el Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia en México (UNESCO) con el fin de orientar esfuerzos comunes hacia el desarrollo de proyectos y actividades que contribuyan a fortalecer los conocimientos sobre medio ambiente y el cambio climático, además de fomentar el ejercicio del derecho a la participación en niñas, niños y adolescentes de México, en armonía con la Convención sobre los Derechos del Niño. En el marco de este Acuerdo, en

[5] La plataforma educativa se puede consultar en la siguiente liga: elcambioclimaticodefrente.inecc.gob.mx.

2017 se realizó el Encuentro de Participación de niñas, niños y adolescentes en relación al medio ambiente y cambio climático en Tabasco, y en 2018 se elaboraron dos manuales para docentes y alumnos de nivel secundaria sobre cambio climático y gestión de riesgos de desastres.

Grado de información y conocimiento de la sociedad mexicana sobre cambio climático

La información contenida en este capítulo muestra que la incorporación de los temas relacionados con el cambio climático tanto en la educación formal como en la informal ha avanzado en los últimos años en México y hay un interés manifiesto por sensibilizar y corresponsabilizar a todos los sectores de la sociedad respecto de este fenómeno. No obstante, es difícil conocer el grado de internalización de esa información y evaluar las capacidades adquiridas mediante la educación en esta materia. Por ello, reconociendo que la atención del cambio climático requiere de una sociedad informada, participativa, comprometida y corresponsable, con capacidad para tomar decisiones fundamentadas sobre los aspectos de su vida cotidiana y en el ámbito de sus responsabilidades, y con la intención de contar con una base que permita la comparación en años venideros, en 2017 se llevó a cabo un estudio de opinión para identificar el grado de información y conocimiento sobre el cambio climático que tiene actualmente la sociedad mexicana en general, y en sectores específicos de todo el país, acerca de este fenómeno. Esto con la intención de contar con una base que ayude a diseñar e instrumentar mecanismos de información y educación que faciliten el entendimiento de la población sobre este tema, e inviten a la acción (INECC-PNUD 2017b).

La información se obtuvo a través de la aplicación de 2,000 encuestas a mujeres y hombres de 15 años o más en municipios vulnerables y no vulnerables al cambio climático de todo el país, y mediante 208 entrevistas a actores de sectores productivos prioritarios (transporte, agricultura, energía, forestal, industria, residuos).

Principales resultados del estudio de opinión

- El 89% de los encuestados afirmó haber escuchado sobre el cambio climático, pero sólo 39% tenía conocimiento real sobre el tema.
- La ubicación geográfica, las características sociodemográficas y el perfil del consumidor son factores que diferencian significativamente el comportamiento de los mexicanos frente a este problema.
- La población más escolarizada o aquella con menor edad es la que identifica la problemática ambiental como prioritaria en México. Sin embargo los jóvenes (Generación X) son los más interesados en el cambio climático y en cambiar sus hábitos de consumo para cuidar el planeta.
- 7 de cada 10 encuestados afirmaron que el fenómeno del cambio climático ha empezado a suceder y que afecta directamente su salud.
- Sólo 3 de cada 10 mexicanos afirma que todos somos responsables del cambio climático.
- Algunos individuos están dispuestos a modificar su comportamiento para mitigar los efectos del cambio climático por su compromiso con el medio ambiente, pero otros lo harían para no ver perjudicado su bienestar o su imagen.
- El sector agropecuario se percibe como uno de los más afectados por el cambio climático;
- El sector transporte reconoce la necesidad de realizar transformaciones profundas para disminuir las emisiones de GEI.
- El sector de la energía considera urgente la inversión en energías alternativas.

Referencias: Investigación

Gay, C. , L. G. Ruiz Suárez, C. C. M. Imaz y B. Mar, Eds. (1995). Memorias del Segundo Taller del Estudio de País: México ante el cambio climático. Ciudad de México, Instituto Nacional de Ecología, Coordinación de la Investigación Científica, Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM.

Gay, C. , L. G. Ruiz-Suárez, M. Imaz, and J. Martínez, (1995). Preliminary National Inventory of Greenhouse Gas Emmissions. México. Instituto Nacional de Ecología. UNEP GF/4102-92-01 Ciudad de México.

MCE2 y INECC (2016). Integrated responses to short lived climate forcers promoting clean energy and energy efficiency. Molina Center for Energy and the Environment, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. GFL-2328-2722-4C58. Mexico City.

Molina, L. y L. G. Ruiz Suárez (2011). Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México. 118. http://www. ine. gob. mx/descargas/cclimatico/2010_cca_mce2_temas_emergentes. pdf

UNAM-PINCC (2015). Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo I Bases Científicas. Modelos y Modelación. México, Universidad Nacional Autónoma de México/ Programa de Investigación en Cambio Climático.

_____ (2015). Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo II Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México, Universidad Nacional Autónoma de México/ Programa de Investigación en Cambio Climático.

_____ (2015). Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo III Emisiones y Mitigación de Gases Efecto Invernadero. México, Universidad Nacional Autónoma de México/ Programa de Investigación en Cambio Climático.

(INECC-PNUD, 2017a). Estudio para la identificación, caracterización y evaluación del balance entre las emisiones de GEIs y las zonas de captura y almacenamiento de carbono en zonas de ecosistemas costero/marinos del Pacífico, Golfo de México y la Península de Yucatán (Carbono azul). Proyecto 00085488 "México. Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Programa Mexicano del Carbono A. C. PNUD/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

_____ (2017b). Diagnóstico del estado actual de los mares de México y su relación con el cambio climático a nivel de país, en particular su potencial para la mitigación de gases de efecto invernadero. Instituto Nacional de Cambio Climático. Proyecto 0085488. "México. Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Rivera Arriaga, E. PNUD/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

_____ (INECC-PNUD, 2017c). Análisis de las condiciones climáticas holocénicas, mediante los resultados de estudios paleoclimáticos, paleoceanográficos y paleolimnológicos, y su relación con el cambio climático en México. Instituto Nacional de Cambio Climático. Proyecto 00085488 "México. Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Tenorio Peña, Alejandra: PNUD/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

_____ (2018). La química atmosférica en México en relación a los gases de efecto invernadero y los contaminantes climáticos de vida corta. Estado del arte, propuestas y agenda. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Proyecto 00085488 "México, Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático", Ruiz Suárez, L. G., PNUD/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.

SEMARNAT (1997). México. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Shindell, D. (2011). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone: Summary for Decision Makers, United Nations Environment Programme.

Referencias: Educación

Biocenosis. (2018). http://biocenosis.org.mx/

CECADESU-SEMARNAT. 2009. Guía para elaborar programas estatales de educación ambiental, comunicación educativa y capacitación para la sustentabilidad en condiciones de cambio climático. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable.

Centro Mario Molina. (2014a). Programa de educación en cambio climático. Secundaria. Manual del docente. Centro Mario Molina para Estudios sobre Energía y Medio Ambiente. México: Centro Mario Molina. http://centromariomolina.org/libro/docente/

_____ (2014b). Programa de educación en cambio climático. Secundaria. Libro del estudiante. Centro Mario Molina

para Estudios sobre Energía y Medio Ambiente. México: Centro Mario Molina. http://centromariomolina.org/libro/estudiante/#/3/zoomed

Cinema Planeta, A.C. (2016). http://morelos.gob.mx/?q=prensa/nota/se-inicia-el-8o-festival-internacional-cinema-planeta

CONANP-SEMARNAT- PNUD (2018). Proyecto 00087099 Fortalecimiento de la resiliencia para salvaguardar la biodiversidad amenazada por el cambio climático en Áreas Naturales Protegidas. México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

_____ (1993) Ley General de Educación, Diario Oficial de la Federación.

_____ (2012) Ley General de Cambio Climático, Diario Oficial de la Federación

Gobierno de la República (2013), Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40

_____ Programa especial de cambio climático 2014-2018 (2014).

INECC–PNUD (2017a). Análisis de los programas, procesos, acciones y materiales de educación formal y no formal para el cambio climático que se han llevado a cabo en México desde 2012 a 2016. Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático". Castillo Blanco, Olimpia. México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo /Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

_____ 2017b. Estudio de opinión sobre cambio climático. Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático". Parametría S.A. de C.V. México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

_____ 2017c. Elaboración de propuestas de contenidos de cambio climático para su incorporación en los programas de asignatura y libros de texto gratuitos de la educación básica del Sistema Educativo Nacional. Proyecto 00085488 "México: Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático". Leonardo Meza Aguilar. México, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

ONU (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas. http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

PRONATURA. (2018). http://www.pronatura.org.mx/cambio-climatico/

Proyecto Tierra. (2018). www.proyectotierra.com.mx

Red Nacional de Promotoras y Asesoras Rurales (Redpar). 2018. http://redpar.org.mx/

SEP (2017). Planes de estudio de referencia del marco curricular común de la educación media superior. Secretaría de Educación Pública. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241519/planes-estudio-sems.pdf

SEMARNAT. (2006). Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://www.cefimslp.gob.mx/V2/images/Presentaciones/Foro_San_Luis_Sustentable_2017/Estrategia_Educacion_Ambiental_Sustentabilidad_semarnat.pdf

UNESCO. (2002). Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654so.pdf

_____ (2014). Declaración Ministerial de Lima sobre la Educación y la Sensibilización. Lima, Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002306/230628s.pdf

World Wild Fund for Nature (wwf). (2018). http://www.wwf.org.mx/

Anexo IBA2

Segundo Informe Bienal de Actualización (IBA2)

México se complace en presentar su *Segundo Informe Bienal de Actualización* (IBA2) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). En esta ocasión, lo presenta como un anexo a la *Sexta Comunicación Nacional*.

La información requerida sobre las circunstancias nacionales, los arreglos institucionales, la preparación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, así como las necesidades de financiamiento, transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades pueden consultarse en los capítulos y secciones de la *Sexta Comunicación Nacional*.

Circunstancias nacionales

México es una república federal, representativa, democrática y laica, integrada por 32 entidades federativas: 31 estados libres y soberanos, y la Ciudad de México —hasta 2016 llamada Distrito Federal—, que es autónoma mas no soberana por tratarse de la sede de los Poderes de la Unión y capital política del país. Los estados se dividen en municipios libres, cada uno gobernado por un ayuntamiento; en el territorio nacional hay un total de 2,457 municipios. Por su parte, la Ciudad de México está dividida en 16 demarcaciones territoriales autónomas.

En 2016, México tenía 122.3 millones de habitantes (CONAPO, 2018). Ello correspondió al 1.7% de la población mundial, estimada para ese año en 7,550 millones (ONU, 2017). El 51.2% de la población total de México eran mujeres. Respecto de la población indígena, existen diversas metodologías para identificarla, por lo que hay una variación en las cifras, según la que se utilice. En 2015, 26 millones (21.5%) se consideraban indígenas de acuerdo con su cultura, historia y tradiciones, aunque sólo 7.9 millones (6.5%) hablaba alguna lengua indígena (CONAPO, 2016).

México forma parte de Norteamérica y está ubicado entre los meridianos 118°22'00" y 86°42'36" de longitud Oeste y entre las latitudes 14°32'27" y 32°43'06" Norte (INEGI, 2017). Por su ubicación geográfica, la porción sur del país se localiza en la zona intertropical y la porción norte en la zona templada del planeta.

La superficie marítima, que incluye el mar territorial y la zona económica exclusiva (ZEE), tiene 3.1 millones de km², lo que constituye más de 60% de la superficie continental del país. El mar territorial es la franja del mar adyacente a las costas continentales e insulares, que se extiende hasta 22.2 km (12 millas náuticas) y la ZEE es la franja de mar adyacente al mar territorial que se extiende hasta 370.4 km (200 millas náuticas) mar adentro, contados desde la línea de costa continental e insular. La ZEE tiene una extensión de 2.9 millones de km².

México ocupó la decimosegunda posición entre las economías más grandes del mundo en 2017, con un producto interno bruto (PIB) en paridad de poder adquisitivo (PPA) de $2,344,197 millones de dólares internacionales, y en términos de PIB per cápita, el país alcanzó la posición 80 en el mundo (Banco Mundial, 2018).

México produce alrededor de 1.4% de la energía del mundo y es el decimoquinto productor a escala global. Además, ocupa el decimotercer lugar como exportador de petróleo, con 2.8% (SENER, 2017b). De acuerdo con el Sistema de Información Energética, entre 2012 y 2016 se produjeron, en promedio, 8,588.3 petajoules (PJ) de energía al año, con una aportación de los hidrocarburos de 86.8%. Durante ese mismo periodo, se produjeron, en promedio, 2.3 millones de barriles diarios de petróleo crudo y 6,296 millones de pies cúbicos diarios de gas natural. Según el INEGYCEI, el sector Energía representó 70.4% de las emisiones totales nacionales brutas. Por otra parte, el transporte generó 6.18% del PIB en 2017.

Entre 2012 y 2016 el sector industrial en México tuvo una contribución promedio de 31.4% al PIB. Durante ese periodo, las manufacturas contribuyeron con 50.5%; la construcción, 23.7%; minería, 21%, y electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, 4.8% (INEGI, 2018b).

México es el decimosegundo productor de alimentos en el mundo. Aproximadamente 22% de la población —27.5 millones de personas—viven en áreas rurales, y 145 millones de ha se dedican a actividades agropecuarias (FAO, 2018). Entre 2012 y 2016 el sector agropecuario aportó 3.1% del PIB y empleó aproximadamente a 13% de la población económicamente activa (INEGI, 2018b).

Las circunstancias nacionales se describen en el capítulo 1 de la *Sexta Comunicación Nacional*.

Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero

En 2015, México emitió 683 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono ($MtCO_2e$), cantidad que incluye las emisiones de los siguientes gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos y hexafloruro de azufre, generadas por las actividades económicas en el país. También se cuantificaron las absorciones de carbono, principalmente por los sumideros de bosques y selvas, en un orden de -148 de $MtCO_2$, contabilizando 535 de $MtCO_2e$ de emisiones netas. Asimismo, las emisiones nacionales de carbono negro durante 2015 se estimaron en 112.24 Gg. El carbono negro contribuye con el cambio climático dadas sus características como un forzador climático de vida corta, además de los efectos colaterales en la salud pública.

Estas cifras son resultado de la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) utilizando las *Directrices del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático* en su edición 2006, aplicadas para la serie temporal de 1990 a 2015.

Los resultados de las emisiones de los cuatro sectores [1] Energía, [2] Procesos industriales y uso de productos, [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) y [4] Residuos, se presentan en el capítulo 2 de la *Sexta Comunicación*, así como los arreglos institucionales con los organismos generadores de los datos estadísticos nacionales. Se presentan también el análisis de las fuentes clave y de incertidumbre, las tendencias de las emisiones y los indicadores que permiten una comparación internacional.

En conjunto con el *Segundo Informe Bienal de Actualización*, se hace entrega del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), en el que se hace un análisis de los resultados de las emisiones de GEI y de carbono negro, a nivel de fuente de emisión. En el INEGYCEI también se presentan los detalles metodológicos, a manera de memoria de cálculo, incluyendo los datos de actividad, los supuestos y factores de emisión usados.

Es importante señalar que, para México, el INEGYCEI es un instrumento central de la política de cambio climático y, por tanto, media un compromiso con la mejora continua de la estimación de emisiones. Así, los resultados del INEGYCEI se encuentran en un proceso de aseguramiento de calidad (QA, por sus siglas en inglés) realizado por expertos del roster internacional de la CMNUCC. La Sra. María José López Blanco es revisora de los sectores de energía y procesos industriales; el Sr. Juan Luis Martín Ortega, del sector residuos y el Dr. Walter Oyhantcabal, del sector AFOLU. Asimismo, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), como institución encargada del desarrollo del inventario nacional en 2018, desarrolló el Sistema de Gestión de Calidad del INEGYCEI, con base en las Directrices del IPCC y mejores prácticas internacionales y nacionales. Los resultados del control y aseguramiento de calidad serán considerados en la integración del *Tercer Informe Bienal de Actualización*.

Finalmente, para México es también una prioridad la atención al proceso de análisis y consulta internacional multilateral de la CMNUCC (ICA, por sus siglas en inglés). En la **Tabla 1** se presentan las observaciones derivadas del proceso ICA al que fue sometido el INEGYCEI en el *Primer Informe Bienal de Actualización*, así como su atención.

Las emisiones nacionales de GEI y carbono negro, por año, fuente de emisión y tipo de gas se presentan en las **Tablas 15** a la **40**.

Acciones de mitigación

La información que integra la política de mitigación del país se describe en el capítulo 3 de la *Sexta Comunicación Nacional*, donde se mencionan las políticas transversales y, para cada sector, las acciones de mitigación. En adición, y atendiendo a las recomendaciones derivadas del ICA, México presenta un resumen de las acciones de mitigación más relevantes para las que se contó con suficiente información para cuantificar las emisiones reducidas. Se precisa que hubo otras acciones que no se cuantificaron, por no tener suficiente información, mismas que se describen en el citado capítulo. También se señala que este informe no incluye toda la información de las medidas que se analizan para el cumplimiento de la CND de México, toda vez que se espera contar con los lineamientos aprobados por la COP/CMA en donde se establezca la información necesaria que todos los países deberán reportar. Así, este informe se enfoca al reporte de la mitigación desde la última Comunicación Nacional.

Desde la Comunicación Nacional inmediata anterior (periodo 2013-2017), México ha reducido 70.23 $MtCO_2e$, con respecto a la línea base de 2013, sumadas las acciones del gobierno federal y de las entidades federativas. Las acciones de mitigación para mejorar la producción y el consumo de energía reportaron reducciones importantes. La generación de energía eléctrica contribuyó con 48.2% de la mitigación; las políticas de eficiencia energética, con 15.8%; el fomento al transporte

limpio, con 10.3%, y las acciones de mejoras en la vivienda nueva, con 0.1%. Por su parte, la mitigación en la agenda verde contribuyó con 12.7%, debido a las acciones de control de la deforestación y degradación forestal bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal, y 1.1% por la agricultura y ganadería sustentable.

En el tema de manejo de residuos, solamente se cuantificaron las acciones en materia de reducción de emisiones por el tratamiento de aguas residuales, las que contribuyeron con 2.9%. Finalmente, las aportaciones de los gobiernos estatales contribuyeron con 8.9%, sin considerar la eficiencia energética para evitar el doble conteo.

En un ejercicio de transparencia —y dado que perdura la discusión internacional de las metodologías para el reporte de la mitigación—, México contabilizó su mitigación en dos escenarios. El primero contempla las medidas realizadas con respecto a la línea base 2013, y adopta un enfoque conservador de cuantificación, alineado con el INEGYCEI. El segundo escenario considera las acciones reportadas por las secretarías, en particular en materia de energía limpia (se considera toda la generación eléctrica producida con tecnologías limpias, no sólo la adicionada desde 2013), y considera, asimismo, factores de emisión internacionales para el cálculo de la mitigación del sector pecuario. La mitigación descrita en los dos párrafos previos obedece a la aplicación del primer escenario. Utilizando el segundo escenario, la mitigación total nacional ascendería a 160.46 $MtCO_2e$.

Así, en este IBA se presentan siete tablas (**Tablas 2** a la **8**) en las que se resumen las acciones de mitigación previamente descritas. Para facilitar la revisión, en el **Cuadro 1** se hace una referencia a la *Sexta Comunicación Nacional*, donde se explican los detalles de cada una de las acciones.

En adición a presentar las principales acciones de mitigación en formato tabular, las recomendaciones del ICA señalaron que la transparencia del reporte de México podría mejorar al incluir información sobre el uso de mecanismos de mercados de carbono y sobre los sistemas nacionales de MRV. En atención a dichas recomendaciones, la *Sexta Comunicación*… incluye la información disponible en los siguientes capítulos y apartados:

Capítulo 1

"Arreglos Institucionales" menciona el marco general de la política climática nacional.

Capítulo 2

"Arreglos institucionales" ilustra lo correspondiente al INEGYCEI.

Capítulo 3

"Principales instrumentos transversales de la política de mitigación", "Medición, reporte y verificación" (MRV) y "Mercado de carbono".

Cuadro 1. Acciones de mitigación del IBA y referencias a la Sexta Comunicación Nacional (6ª C.)

Acción de mitigación	Referencia
Tabla 2. Acciones de mitigación en el sector eléctrico	6ª C., capítulo 3, sector generación de energía eléctrica.
Tabla 3. Eficiencia energética nacional	6ª C., capítulo 3, sector generación de energía eléctrica.
Tabla 4. Programa de transporte limpio	6ª C., capítulo 3, sector transporte: NAMA de autotransporte federal de carga en México.
Tabla 5. Vivienda nueva sustentable	6ª C., capítulo 3, sector residencial y comercial.
Tabla 6. Tratamiento de aguas residuales municipales	6ª C., capítulo 3, sector residuos: tratamiento y eliminación de aguas residuales.
Tabla 7. Producción pecuaria con prácticas de manejo sustentable	6ª C., capítulo 3, sector agricultura y ganadería.
Tabla 8. Reducción de emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal	6ª C., capítulo 3, sector USCUSS.

Nota: Las tablas consideran los lineamientos de la CMNUCC contenidos en FCCC/AWGLCA/2011/INF.1.

Avances en mitigación en las entidades federativas

La contribución a la mitigación de emisiones GEI de los gobiernos locales por acciones en implementación se estima en 9.63 $MtCO_2e$. Sin embargo, considerando que las acciones de mitigación en el sector energía debidas a la eficiencia energética y al uso de fuentes renovables de energía, ya están contabilizadas en la mitigación reportada para todo el país (3.3922 $MtCO_2e$), la contribución local neta es de 6.24 $MtCO_2e$ (**Tablas 9** y **10**).

Respecto a las metodologías de cuantificación de la mitigación alcanzada en los gobiernos estatales, únicamente el gobierno de la Ciudad de México aportó detalles sobre la estimación de sus reducciones de GEI como parte del programa de acción climática de la Ciudad de México (PACCM), mismos que se presentan con información complementaria a la **Tabla 9**.

Necesidades, barreras y apoyo recibido

Necesidades de fortalecimiento de capacidades para el inventario (INEGYCEI)

Para el adecuado procesamiento de información se requiere capacitación en el diseño, organización y manejo de bases de datos, así como en paquetes de cómputo de análisis estadístico.

En el sector agropecuario, las barreras en la estimación de las emisiones están asociadas a la cantidad limitada de información sobre los diversos sistemas de producción pecuaria; en particular, lo referente a la nutrición animal y al manejo de excretas. Asimismo, la incorporación de sistemas de información geográfica (SIG) para la representación espacial de la información, facilitaría la integración del sector AFOLU.

En el componente de tierra del sector AFOLU, se requiere capacitación en el procesamiento de los datos de actividad proveniente de sistemas de percepción remota que son integrados en sistemas de información geográfica. En adición, se requiere seguir fortaleciendo la capacidad para la integración del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, considerando los recursos materiales y humanos para mejorar el monitoreo del carbono en nuestros ecosistemas, utilizando la mejor tecnología disponible.

También es necesario el fortalecimiento en las capacidades para desarrollar prospectivas de emisiones, para integrar, en los distintos escenarios, la actividad económica que generan diferentes trayectorias de emisiones, específicamente en los temas de econometría aplicada (investigación y modelación), probabilidad y estadística para la modelación econométrica aplicada, microeconomía y series de tiempo, que son herramientas para comprobar la validez de un modelo económico y, con base en ellos, se pueden explicar hechos ocurridos en el pasado y realizar pronósticos más certeros sobre el comportamiento de las emisiones, y así fortalecer el diseño y la implementación de políticas.

Se requiere fortalecer las capacidades para la implementación y mantenimiento del sistema de gestión de la calidad, basado en el ISO 9001:2015 y en formación de auditores internos. Se requiere asimismo fortalecer las capacidades en el tema de diseño muestral estadístico, uso de software estadístico y en el método Montecarlo con la finalidad de migrar a un nivel 2 en la cuantificación de la incertidumbre.

Un tema importante de creación de capacidades se refiere a fortalecer los métodos de comunicación de los resultados del inventario, tanto a los tomadores de decisiones como a la población en general, de tal forma que estos resultados sirvan para mejorar la política pública y cambiar conductas y hábitos.

Finalmente, se requiere fortalecimiento de las capacidades de los gobiernos locales para la estimación de sus inventarios, lo cual ayudaría a mejorar el inventario nacional y, por tanto, el diseño de las acciones de mitigación en los estados y particularmente en la cuantificación de sus acciones de

mitigación, de tal manera que sea factible integrar los avances en la mitigación de GEI al cumplimiento de la meta nacional planteada en la CND. El INECC ha iniciado la integración de cursos de capacitación en materia de inventarios y mitigación (módulo inicial) y se ha identificado la necesidad de contar con mayores recursos para la integración de otros cursos necesarios en todos los sectores, con el objeto de apoyar las labores de capacitación de las autoridades federales, estatales y municipales.

Necesidades de desarrollo de capacidades para la mitigación

En relación con las necesidades de capacitación para cumplir el compromiso de mitigación de México, en el marco del Acuerdo de París, se identifican los siguientes aspectos relevantes:

Respecto a los instrumentos de política climática nacional, se identifica la necesidad de fortalecer el *Programa especial de cambio climático* a desarrollarse para el periodo 2019-2024, en relación con la alineación con otros instrumentos nacionales de planeación sectorial y considerando el sistema de MRV necesario para el reporte de avances ante la CMNUCC. De particular relevancia es integrar en el PECC y en los respectivos programas sectoriales las metas de la CND, como se contempla en la modificación de la LGCC. Así, se requiere desarrollar capacidades para identificar sinergias, establecer vinculaciones de instrumentos de política pública para incorporar el tema de cambio climático, y diseñar los indicadores necesarios de seguimiento.

En materia de medición, reporte y verificación, en las diferentes instituciones que son responsables del flujo de información asociada a la obtención y seguimiento de resultados de las acciones de mitigación, los actores requieren mayor capacitación en metodologías para la cuantificación de emisiones y de los efectos de las acciones de mitigación. Se necesita, entonces, continuar con el desarrollo del componente de reporte de la mitigación del *Registro Nacional de Emisiones*, y con el desarrollo de metodologías de MRV. Para ello sería útil contar con guías internacionales adoptadas por la Convención.

Para avanzar en la instrumentación de las acciones de mitigación, cumplir con la meta prevista en la CND y revisar oportunamente el nivel de ambición, se requiere adoptar tecnologías bajas en carbono. Por lo que hace a la creación de capacidades para este fin, es necesaria la formación de recursos humanos técnicos especializados en temas tales como: generación fotovoltaica distribuida; generación eólica; minihidráulica; sistemas híbridos y de almacenamiento; diseño, aplicación y mantenimiento de sistemas de aislamiento térmico para residencias, comercio e industria; sistemas termosolares; geotermia somera para la refrigeración o calefacción; desarrollo, y manejo y mantenimiento de redes inteligentes de transmisión y distribución de energía, entre otros.

Finalmente, en materia de tecnologías, se requiere mayor capacitación a los actores clave en las diferentes características (técnicas, económicas y ambientales): ventajas, desventajas, beneficios, barreras y externalidades de las tecnologías de bajo carbono que apoyarán las distintas medidas de mitigación y adaptación. En ese sentido, será necesario continuar con el desarrollo de metodologías clave para la identificación de potenciales de reducción de emisiones de las distintas tecnologías de bajo carbono, como son los análisis de cadenas de valor (características económicas), análisis de ciclo de vida (características ambientales), catálogos de tecnologías (características técnicas) y desarrollo de portafolios de inversión de proyectos (características financieras) para todos los sectores y evaluar de manera integral cada tecnología por sector. Aunado a lo anterior, se requiere una mayor capacitación de las distintas fuentes de financiamiento por sector orientadas a la implementación y desarrollo de tecnologías de bajo carbono, para demostrar el potencial de mitigación/adaptación, efectividad y rentabilidad de los proyectos.

Identificación de barreras para la mitigación

A continuación, se presenta un breve resumen de las barreras identificadas como áreas de oportunidad que se deben atender para la instrumentación de acciones de mitigación sectorial en el país, y repor-

tar los avances en los subsiguientes informes bienales de actualización:

- Actualización del marco regulatorio, como base para implementar mejoras tecnológicas y dar certeza a los diferentes sectores de la economía sobre las directrices de la política climática y las inversiones de recursos financieros y humanos que implica.
- Transversalidad del trabajo y arreglos institucionales entre las diversas secretarías e instituciones de la administración pública y la comunicación con el sector privado, para favorecer los flujos de información sobre la aplicación de las acciones de mitigación y comunicación entre los actores clave, como elemento para lograr mitigar emisiones y dar seguimiento a los resultados de forma transparente.
- Trabajo conjunto entre los gobiernos municipales, estatales y el gobierno federal, alineado con un marco regulatorio fortalecido, recursos tanto humanos especializados como financieros, enfocado al apoyo de la introducción de tecnologías más limpias, el compromiso real para formalizar los proyectos y la obtención de beneficios sociales como la generación de empleos y desarrollo productivo del país.
- Barreras financieras. Se identifica la necesidad de contar con recursos para realizar mayor investigación o para implementar tecnologías en aquellos sectores con mayor potencial de mitigación.
- En el tema de residuos, se identifica como barrera la necesidad de actualizar la normatividad sobre disposición, transporte y uso de residuos tanto en el ámbito federal como en el municipal, incluyendo los residuos sólidos urbanos, residuos metálicos, así como de procesos industriales como las cenizas de alto horno, carboeléctricas o ingenios azucareros, etc., particularmente ante su potencial de aprovechamiento como insumo en otros sectores, incluido el de ser combustibles.
- En el transporte se identifica como barrera la falta de homologación de la normatividad nacional, estatal y municipal para promover el uso de nuevas tecnologías automotrices con mejores desempeños ambientales y erradicar tecnologías obsoletas en el afán de modernizar las flotas vehiculares del transporte público, así como promover las economías de escala en la producción y la adquisición de estas nuevas tecnologías automotrices en todo el país.
- En el tema de forzantes climáticos de vida corta, entre los desafíos identificados en varios sectores se cuentan la generación de políticas, leyes y reglamentos bien definidos, así como la aplicación efectiva, con sanciones, por incumplimiento. Hay regulaciones, pero en muchos casos carecen de indicadores concretos para monitorear y evaluar el progreso, lo que impide la medición de los avances, la evaluación de los resultados e incorporar ajustes en caso de ser necesario.

Desarrollo y transferencia de tecnología

El desarrollo y transferencia de tecnología es un tema central para la atención del cambio climático en México, mismo que se describe en el capítulo 6 de la *Sexta Comunicación Nacional*. En este periodo, México ha buscado contribuir al fortalecimiento del mecanismo tecnológico de la Convención, ya que considera que mejorar las acciones y la ambición en el desarrollo y transferencia de tecnología es un tema clave para lograr los objetivos del Acuerdo de París. La representación de México preside el Comité Ejecutivo de Tecnología (TEC) y participa en la Junta de Consejo del CTCN.

Asimismo, México ha fomentado la cooperación sur-sur en esta materia. Con base en el apoyo del mecanismo financiero de la Convención, con recursos del GEF e implementado por el BID, México desarrolla dos guías para mejorar las políticas tecnológicas de cambio climático para la región latinoamericana: una, con recomendaciones de política para integrar las tecnologías ecológicamente racionales (TER) en los sistemas nacionales de innovación (SNI), considerando aquellas tecnologías que

lleven al cumplimiento de las contribuciones nacionalmente determinadas, siguiendo las mejores prácticas internacionales en la materia, así como los retos de su adaptación en la región, y la guía para la planeación ante el cambio climático y tecnologías ecológicamente racionales; ambas guías, dirigidas y con la participación de los países de América Latina y el Caribe. Se espera que apoyen a los países de la región latinoamericana en la incorporación de tecnologías a la planeación climática.

Por lo que hace a la detección de necesidades tecnológicas, como se describe en la *Sexta Comunicación Nacional*, México ha realizado varios esfuerzos.[1] En este sentido, destaca la identificación de necesidades tecnológicas en el sector de energías renovables realizada por la Secretaría de Energía en cooperación con el Instituto Mexicano del Petróleo, apoyados por el Fondo Sectorial CONACYT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética (FSE), a través de las denominadas "carteras de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico" y la elaboración de mapas de ruta para establecer iniciativas de proyectos orientados al fortalecimiento de las capacidades tecnológicas que requiere la industria.[2]

Asimismo, en el marco de la elaboración de la *Sexta Comunicación Nacional*, se desarrollaron rutas tecnológicas en los sectores transporte, petróleo y gas, industria, residencial y comercial, USCUSS, agropecuario, residuos y aguas residuales, en las cuales, además de la identificación de las medidas de mitigación, se identificaron barreras, áreas de oportunidad y, en su caso, necesidades tecnológicas para las medidas propuestas de mitigación. Para la elaboración de las citadas rutas tecnológicas se contó con la participación de expertos de los sectores gobierno, académico y privado.

Finalmente, con apoyo del gobierno danés, se elaboraron catálogos de tecnología en los sectores de autotransporte y de generación eléctrica con biomasa, y análisis de ciclo de vida para el sector autotransporte, que incluyen la identificación de tecnologías, barreras a su implantación y áreas de oportunidad. Esta experiencia de cooperación con Dinamarca ha sido muy enriquecedora y se contempla su continuación en materia de tecnologías de almacenamiento y de generación distribuida.[3]

En la **Tabla 12** se resumen las necesidades tecnológicas.

Apoyo recibido

El apoyo recibido en materia de financiamiento internacional se encuentra descrito en el capítulo 6, "Financiamiento, tecnología y capacidades" de la *Sexta Comunicación Nacional*, en el apartado "Financiamiento climático en México 2012-2018". Se destaca que, para dar un reporte completo del apoyo recibido, se requiere de la adopción, por la Conferencia de las Partes, y/o de la CMA, de metodologías aplicadas tanto a países donantes como a países receptores, de tal forma que se cumplan criterios mínimos de reporte internacional.

Los avances del país en la materia pueden consultarse en la *Sexta Comunicación Nacional*, y de forma particular, para dar cumplimiento a los requerimientos de información del IBA, en la **Tabla 13** se reportan los recursos recibidos por México por parte del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y del Fondo Verde del Clima (GCF, por sus siglas en inglés), en el periodo 2015-2018, y en la **Tabla 14** se presenta, desglosado, el apoyo recibido por parte del Global Environmental Facility del periodo 2016-2018. Se informa, en particular, que los recursos destinados a la elaboración de la *Sexta Comunicación Nacional* y el *Segundo Informe Bienal de Actualización* del GEF ascendieron a $3,636,364.00 dólares y, adicionalmente, México aportó $4,000,000.00 de dólares para este propósito.

[1] Se precisa que México no ha realizado un TNA, como recomendó el proceso ICA, debido a que en consulta informal con el GEF se señaló que no era elegible para el financiamiento de su TNA, el cual el GEF destinó principalmente a países menos desarrollados e isleños (LDC y SID, por sus siglas en inglés).

[2] Los documentos se pueden consultar en https://www.gob.mx/sener/documentos/mapas-de-ruta-tecnologica-de-energias-renovables

[3] Los documentos se pueden consultar en https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-mitigacion-del-cambio-climatico

Tablas

Tabla 1. Atención a las recomendaciones del ICA al Inventario Nacional del Primer Informe Bienal de Actualización

Observación del ICA	Forma de atención/ubicación en el documento 6ª C.= Sexta Comunicación Nacional INEGYCEI= Inventario Nacional
La tabla "Inventario nacional de GEI de emisiones antropogénicas por fuentes y absorciones por sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal y sus precursores" no fue incluida en el IBA.	6ª C., capítulo 2, Anexo A. INEGYCEI, capítulo 2, Tabla 3. IBA, Tablas 15-40.
La tabla "Inventario nacional de GEI de las emisiones antropogénicas de HFC, PFC y SF_6" no fue incluida en el IBA.	INEGYCEI, capítulo 4, sección 4.5: [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.
Tablas del anexo 3 A.2 al capítulo 3 de la *Guía de buenas prácticas* de IPCC para LULUCF" no fueron incluidas en el IBA.	INEGYCEI, capítulo 5, sección 5.2: [3B] Tierra. INEGYCEI, Anexo D, datos de actividad AFOLU, sección: [3B] Tierra. INEGYCEI, Anexo E, tablas de factores de emisión. IBA, Tablas 15-40.
Los cuadros de informes sectoriales anexos a las *Directrices*… de 1996 del IPCC no fueron incluidos en el IBA; contienen información parcial.	INEGYCEI, Anexo D, tablas de datos de actividad INEGYCEI, Anexo E, tablas de factores de emisión para cada fuente.
Se alienta a que proporcione una serie cronológica consistente de acuerdo con los años notificados en las comunicaciones nacionales anteriores. No se proporcionó una serie temporal coherente para todas las categorías y subcategorías del inventario nacional de GEI.	6ª C., capítulo 2, sección de tendencias. INEGYCEI, capítulo 2.
Estimaciones de las emisiones de aguas residuales industriales no se informaron en el IBA.	INEGYCEI, capítulo 6, [4] Residuos, en el que se presentan las emisiones de aguas residuales industriales.
La estimación de las emisiones de PFC de las industrias de semiconductores no se informaron en el IBA.	Se estiman las emisiones de SF_6 de los semiconductores de la red eléctrica nacional.
Los combustibles internacionales de aviación y de combustible marítimo se reportaron para 1990-2012, pero no para 2013.	6ª C., capítulo 2. INEGYCEI, capítulo 3, en el que ya se incluye el combustible marítimo y de aviación para todos los años.
La información sobre los datos de actividad y los factores de emisión utilizados se incluyeron en el IBA; sin embargo, no se proporcionó información sobre el nivel de los métodos utilizados.	6ª C., capítulo 2, Anexo B. INEGYCEI, capítulo 2.
No se incluyó la fuente de información de todos los factores de emisión.	INEGYCEI, Anexo E, tablas de factores de emisión para cada fuente.
No se proporcionó un análisis de incertidumbre.	6ª C., capítulo 2. INEGYCEI, capítulo 2 y Anexo B.
No se siguió un tratamiento consistente para estimar las emisiones de GEI para todas las categorías y subcategorías para el último año de reporte.	6ª C., capítulo 2, sección de tendencias. INEGYCEI, capítulo 2. Todas las categorías del Inventario son consistentes con la metodología del IPCC 2006 para todos los años.
No contiene información del nivel aplicado (T1, T2 o T3) para las diferentes subcategorías en fuentes y sumideros.	6ª C., capítulo 2, Anexo B. INEGYCEI, capítulo 2.
México no reportó emisiones en tabla 1 y 2 de las hojas de trabajo de acuerdo a los lineamientos de reporte.	IBA, Tablas 15-40.
México no reportó información de perfluorocarbonos.	• Se explica que estas emisiones, derivadas de la fabricación de aluminio primario, dejaron de producirse en México a partir de 2004. Las emisiones de PFC por la producción de aluminio de 1990 al 2003 se reportan en la serie histórica.
Para algunos sectores industriales y de generación eléctrica se utilizan factores de emisión nacionales.	• Se utilizaron factores de emisión de CO_2 para la quema de combustibles fósiles en todos los sectores del estudio comisionado por el INECC al Instituto Mexicano del Petróleo "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustible fósiles que se consumen en México". https://www.gob.mx/inecc/documentos/factores-de-emision-para-los-diferentes-tipos-de-combustible-fosiles-que-se-consumen-en-mexico

Tabla 1. (Continuación)

Observación del ICA	Forma de atención/ubicación en el documento 6ª C.= Sexta Comunicación Nacional INEGYCEI= Inventario Nacional
Estima emisiones fugitivas del sector energía con factores de emisión nacionales y actualizados.	• Se usan los resultados del estudio "Determinación de factores de emisión para emisiones fugitivas de la industria petrolera en México". https://www.gob.mx/inecc/documentos/determinacion-de-factores-de-emision-para-emisiones-fugitivas-de-la-industria-petrolera-en-mexico
Se fomenta el uso de las directrices del IPCC en la estimación de emisiones por combustión de fuentes móviles.	• INEGYCEI, capítulo 3, [1] Energía.
No se incluye información de los PFC generados por la industria de semiconductores en el sector industrial.	• No se cuenta con la información que requiere la guía del IPCC del uso de este gas en la industria, por lo que no se estimaron las emisiones.
Se reporta la ausencia de estimaciones de emisiones GEI para el sector de disolventes y otros productos.	• Se realizó un estudio para la estimación de los disolventes para la categoría de uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono. Véase INEGYCEI, capítulo 4, [2] Procesos industriales y uso de productos.
La transparencia de la información reportada para el sector agrícola podría mejorarse al proporcionar el enfoque metodológico por fuente de emisión y al usar la clasificación del IPCC para todos los años de reporte.	6ª C., capítulo 2. INEGYCEI, capítulo 5, [3] AFOLU. INEGYCEI, Anexo D de datos de actividad y Anexo E de factores de emisión de [3A] Ganado y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra.
México no reportó información estadística completa para la serie histórica del ganado y el uso de fertilizantes para el sector agrícola.	6ª C., capítulo 2. INEGYCEI, capítulo 5, [3] AFOLU. INEGYCEI, Anexo D de datos de actividad y Anexo E de factores de emisión de [3A] Ganado y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra.
Se requiere revisar la posibilidad de incluir algunos reservorios adicionales que no fueron incluidos en el sector LULUCF.	INEGYCEI, Anexos D y E, sección [3B] Tierra. • Se trabajó en las mejoras metodológicas en el sector LULUCF, ahora reportado como Tierra de acuerdo con las *Directrices del IPCC* 2006. • Se reportan nuevos reservorios de madera muerta y hojarasca. • Se tienen datos de incertidumbre de los datos de actividad. • Se mejoran el análisis en carbono orgánico en suelos y el cálculo de factores de emisión e incertidumbres. • Se realiza un cálculo preliminar para asentamientos que permanecen, que se implementará de manera completa en la siguiente actualización. • Se trabaja actualmente en la recopilación de datos para los humedales que permanecen, tomando en cuenta el suplemento de Humedales.
Puede aportarse información más detallada en el alcance de cada categoría y sus diferencias, de acuerdo a los lineamientos del IPCC, para la quema de biomasa.	INEGYCEI, Anexos D y E, sección [1A], específicamente [1A4B], así como en [3B] Tierras y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra, así como de leña en hogares.
No se reportan emisiones del agua residual industrial cruda ni de las emisiones de dióxido nitroso de aguas residuales.	6ª C., capítulo 2. INEGYCEI, capítulo 6, [4] Residuos, en el que se reportan las emisiones de las aguas residuales industriales no tratadas y se estimó el óxido nitroso de las aguas residuales municipales.

Tabla 2. Acciones de mitigación en el sector eléctrico

Acciones de mitigación en el sector eléctrico	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2, CH_4 y N_2O
Tipo o naturaleza	Acciones para reducir las emisiones del sector eléctrico nacional incluidas en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) y el Programa de Transición Energética (PTE).	Institución responsable: Secretaría de Energía (SENER)
Descripción	Reducir las emisiones del sector eléctrico nacional por medio de la introducción de energías limpias, sustitución de tecnologías basadas en el uso de combustibles fósiles intensivos en carbono por tecnologías a gas natural y la optimización de las redes de transmisión y distribución.	
Objetivo	El PECC y el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional alineado al PTE, establecen los siguientes objetivos para la reducción de emisiones del sector eléctrico: • Objetivo 1: generar con tecnologías limpias el 35% de la energía eléctrica en 2024. • Objetivo 2: sustituir las plantas termoeléctricas de combustóleo y diésel, por plantas de ciclo combinado a gas natural, para asegurar una generación con gas natural del 50%: un 5% con combustóleo-diésel-turbogás y un 12% con carbón y lecho fluidificado a 2022. • Objetivo 3: reducir las pérdidas técnicas de 14.3% en 2013 a 8% de la generación bruta a 2024. La mitigación reportada se calcula para cada uno de los objetivos con la siguiente metodología:	
Metodología y supuestos	**Objetivo 1. Generar con tecnologías limpias el 35% de la energía eléctrica en 2024** Metodología 1 Considerando el incremento de generación de energía limpia con respecto a 2013, se reporta el aumento de generación con plantas eólicas, fotovoltaicas y se incluye el excedente de generación hidráulica en 2014, debido a un incremento en la precipitación registrada por la ocurrencia de un año Niña que fue aprovechado por el sistema hidroeléctrico nacional, generando un excedente de 10.17 TWh. Metodología 2 Considerando la mitigación generada por todas las tecnologías de energías limpias, que incluye generación hidráulica, eólica, solar, geotérmica y nuclear. Basados en las dos metodologías previas, a continuación se describe el cálculo por objetivo: Supuestos: 1) En el periodo reportado, se consideró el incremento en la generación en energía limpia respecto a 2013 (metodología 1). 2) Todas las energías limpias (metodología 2). Procedimiento de cálculo: Datos de generación total por año, por tipo de tecnología en el periodo descrito (SENER, 2018a). El factor de emisión de la red para cada año se calcula con el valor reportado por el INEGYCEI (INECC, 2018) para cada año y con la generación total reportada por SENER. Cálculo del porcentaje de generación de energía renovable o limpia: $$GE_{PR} = \left(\frac{G_{ER}}{G_T}\right) * 100$$ Donde: GE_{PR}: Porcentaje de generación eléctrica de proyectos de energía limpia con respecto al total de energía eléctrica generada en el año (%). G_{ER}: Energía eléctrica generada por proyectos de energía limpia con incremento respecto a 2013. En el segundo supuesto se consideraron todas las energías limpias. G_T: Energía eléctrica generada total (TWh/año). La reducción de emisiones se calcula: $$M_i = G_{ER} * Fe_i$$ Donde: M_i: Mitigación en $MtCO_2e$, donde i corresponde al año en el periodo (i=2014 a 2017). Fe_i: Factor de emisión del sector eléctrico en el año i.	

Tabla 2. (Continuación)

Acciones de mitigación en el sector eléctrico	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2, CH_4 y N_2O

	2014	2015	2016	2017
Factor de emisión del sector eléctrico tCO_2 e/MWh	**0.494**	**0.487**	**0.481**	**0.474**
Energía Total TWh	**258.256**	**261.067**	**263.153**	**257.417**

Metodología 1

Energías limpias (incremento con respecto a 2013) TWh	12.26	2.40	2.47	1.99	
Porcentaje de energías limpias	4.75%	0.92%	0.94%	0.77%	
Emisiones mitigadas (incremento con respecto a 2013) $MtCO_2e$	7.08	1.17	1.19	0.94	10.38

Metodología 2

Energías limpias totales (TWh)	55.91	50.32	48.21	48.87	
Porcentaje de energías limpias totales	21.65%	19.27%	18.32%	18.98%	
Emisiones mitigadas ($MtCO_2e$)	27.60	24.52	23.18	23.19	98.48

Metodología y supuestos

Objetivo 2. Sustitución de combustibles

Supuestos:

1) Se utilizó el inventario de emisiones (INECC, 2018).

2) Se utilizó la línea base nacional para el sector eléctrico, el cual considera la evolución histórica de los combustibles y los proyecta en un escenario sin política de cambio climático.

Metodología:

Se consideran los consumos de combustible, por tipo de tecnología en el periodo descrito (SENER, 2018a)

Se utilizaron los factores de emisión de cada tipo de combustible (INECC, 2018).

Utilizando los datos del consumo de combustible requerido por el sector para cada año, se calculan las emisiones anuales.

Cálculo de emisiones anuales:

Se calculó la diferencia en TWh de la energía generada con las plantas termoeléctricas convencionales con respecto a la generación de 2013.

$$D_{GENi} = G_{TC2013} - G_{TCi}$$

Donde:

D_{GENi} : Diferencia de generación termoeléctrica convencional con respecto al año base 2013.

G_{TC2013} : Generación termoeléctrica convencional en 2013.

G_{TCi} : Generación termoeléctrica convencional en el año i, en el periodo 2014-2017.

Utilizando la diferencia de generación, así como los factores de intensidad de carbono de las plantas termoeléctricas convencionales y el de las plantas de ciclo combinado, se calculan las emisiones correspondientes. La diferencia de emisiones se considera la mitigación por la sustitución de combustible en la generación.

$$M_{CC} = E_{TC} - E_{CC}$$
$$E_{TC} = D_{GENi} * Fi_{TC} \; y \; E_{CC} = D_{GENi} * Fi_{CC}$$

Donde:

M_{CC} : Mitigación por cambio de combustible.

E_{TC} : Emisiones generadas utilizando el factor de intensidad de carbono de las plantas termoeléctricas convencionales.

E_{CC} : Emisiones generadas utilizando el factor de intensidad de carbono de las plantas de ciclo combinado.

Fi_{TC} : Factor de intensidad de carbono de las plantas termoeléctricas convencionales.

Fi_{CC} : Factor de intensidad de carbono de las plantas de ciclo combinado.

Tabla 2. **(Continuación)**

Acciones de mitigación en el sector eléctrico	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2, CH_4 y N_2O

Metodología y supuestos

	2014	2015	2016	2017
Reducción de generación en las plantas termoeléctricas convencionales respecto a 2013 (TWh)	13.68	11.49	10.33	5.62
Mitigación $MtCO_2e$	1.73	1.45	1.31	0.71
Mitigación Acumulada $MtCO_2e$	1.73	3.19	4.50	5.21

Se realizó un ejercicio similar con la generación basada en plantas de lecho fluidificado.

	2014	2015	2016	2017
Dual (GWh)	-0.58	12.10	15.58	15.58
Mitigación $MtCO_2e$	-0.14	2.92	3.77	3.77
Mitigación Acumulada $MtCO_2e$	-0.14	2.78	6.55	10.32

	2014	2015	2016	2017
Suma $MtCO_2e$	1.59	4.38	5.07	4.48
			Total	15.53

Objetivo 3. Reducción de pérdidas técnicas en la red de transmisión y distribución

Supuestos:

Se consideran como base las pérdidas técnicas del año 2013; la mitigación debida a la reducción de las pérdidas técnicas se basa en la diferencia con respecto del año base.

Metodología

Datos de generación total por año, por tipo de tecnología en el periodo descrito (SENER, 2018a)

El factor de emisión de la red, para cada año, se calcula con el valor reportado por el INEGYCEI para cada año y con la generación total reportada por SENER.

Las pérdidas técnicas correspondientes a 2017 se obtuvieron del PRODESEN (SENER, 2018b) mientras que las del periodo 2013-2016 se obtuvieron del SIE.

$$\boldsymbol{M = (R_{2013} * Fe_{2013} - R_i * Fe_i)}$$

Donde:

M: Mitigación en $MtCO_2e$.

R_{2013} : Porcentaje de pérdidas totales en 2013 en MWh.

R_i : Porcentaje de pérdidas totales en el año i en MWh, donde i va del año 2014 a 2017.

Fe_{2013} : Factor de emisión de la red en el año en 2013.

Fe_i : Factor de emisión de la red en el año i, donde i va del año 2014 a 2017.

Fuente: cálculos realizados por INECC utilizando los datos del SIE (SENER, 2018a) y las emisiones del INEGYCEI (INECC, 2018).

Tabla 2. (Continuación)

Acciones de mitigación en el sector eléctrico	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2, CH_4 y N_2O

Metodología y supuestos

	2013	2014	2015	2016	2017
Factor de emisión del sector eléctrico nacional (tCO_2 /MWh)	0.499	0.494	0.487	0.481	0.474
Generación Total de Energía en el Sistema Eléctrico Nacional (TWh)	257.860	258.256	261.067	263.153	257.417
Pérdidas técnicas (TWh)	42.520	41.321	40.640	40.379	34.7
Porcentaje de pérdidas técnicas por año	16.5%	16.0%	15.6%	15.3%	13.5%
Emisiones correspondientes a las pérdidas técnicas (considerando el factor de intensidad de carbono por MWh del año)	21.22	20.40	19.80	19.42	16.47
Mitigación por reducción de pérdidas técnicas con respecto a 2013 ($MtCO_2e$)		0.82	1.42	1.80	3.92
Acumuladas ($MtCO_2e$)		0.82	2.24	4.04	7.96

Se plantea continuar con el proceso de incrementar la generación con energías limpias, reducir las pérdidas técnicas y el desmantelamiento de las plantas de generación con combustóleo y diésel.

Periodo de implementación

2014-2018

Estado de avance en la implementación (pasos tomados)

En total se han mitigado entre 33.88 $MtCO_2e$, considerando la primera metodología, y 121.99 $MtCO_2e$ con la segunda metodología en el periodo 2014 a 2017 por las tres acciones.

Indicador de seguimiento o progreso

De la meta a 2024 de contar con una generación basada en energías limpias del 35%, al cierre de 2017, la generación limpia alcanzada fue de 19%.

Metodología 1. Considerando la mitigación generada con incremento respecto a 2013

	2014	2015	2016	2017	Total
	$MtCO_2e$				
Objetivo 1 Energías limpias (incremento respecto a 2013)	7.08	1.17	1.19	0.94	10.38
Objetivo 2	1.59	4.39	5.08	4.48	15.54
Objetivo 3	0.82	1.42	1.8	3.92	7.96
Total anual Energías limpias (incremento respecto a 2013)	9.49	6.98	8.07	9.34	33.88

Metodología 2. Considerando la mitigación generada por toda la matriz de energías limpias

	2014	2015	2016	2017	Total
	$MtCO_2e$				
Objetivo 1 Energías limpias totales	27.6	24.52	23.18	23.19	98.49
Objetivo 2	1.59	4.39	5.08	4.48	15.54
Objetivo 3	0.82	1.42	1.8	3.92	7.96
Total anual Energías limpias	30.01	30.33	30.06	31.59	121.99

Tabla 2. **(Continuación)**

Acciones de mitigación en el sector eléctrico	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2, CH_4 y N_2O
Resultados obtenidos	El sector eléctrico tuvo una mitigación acumulada entre 33.88 $MtCO_2e$ con la metodología 1 y 121.99 $MtCO_2e$ con la metodología 2, considerando las emisiones mitigadas desde 2013.	
Información adicional u observaciones	Debido al proceso de transformación del sector eléctrico nacional, se ha acelerado la renovación y construcción de nuevas plantas de energía, alineado a las metas de transición energética. La emisión de certificados de energía limpia será un instrumento estratégico para lograr las metas de mitigación. El programa de reparación y actualización de las redes de transmisión y distribución, ya muestra un efecto significativo en la reducción de pérdidas técnicas. Fuentes de información: INECC, 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI). SENER, 2017. PRODESEN 2017-2031. SENER, 2018a. Sistema de Información Energética (SIE). Disponible en http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas SENER, 2018b. PRODESEN 2018-2032.	

Tabla 3. **Eficiencia energética nacional**

Eficiencia energética nacional	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Tipo o naturaleza	Acciones para lograr la eficiencia energética a nivel nacional.	Institución responsable: Secretaría de Energía (SENER)
Descripción	Promover acciones de eficiencia energética a nivel nacional, a través de la implementación de normatividad, promoción del uso racional de energía en el sector gubernamental y promoción del cambio tecnológico en sistemas de alumbrado público.	
Objetivo	En la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, se establecieron las siguientes metas de eficiencia energética nacional:	

Periodo	2016-2030	2031-2050
Tasa anual promedio de reducción de la intensidad de consumo final de energía*	1.9	3.7

Método de cálculo de la mitigación:
Datos de ahorro de energía anual reportados en los informes (SENER, 2013), (SENER, 2014), (SENER, 2015a), (SENER, 2016a), (SENER, 2017), (CONUEE, 2016).
Factor de emisión del sector eléctrico (INECC, 2018).
Se calculan las emisiones asociadas a la eficiencia energética al multiplicar el ahorro de energía y el factor de emisión del sector eléctrico, según el año que corresponda.

Datos para realizar el cálculo de mitigación	2013	2014	2015	2016	2017
Ahorro de energía equivalente** (GWh)	5,560	5,009	5,712	3,231	3,223
Factor de emisión del sector eléctrico (tCO_2 e/MWh)	0.50	0.49	0.49	0.48	0.47
Emisiones anuales evitadas por acciones de eficiencia energética ($MtCO_2e$)	2.78	2.47	2.78	1.55	1.53
Emisiones evitadas acumuladas por acciones de eficiencia energética ($MtCO_2e$)	2.78	5.25	8.04	9.59	11.12

*La meta de eficiencia energética refleja la velocidad a la que se desacopla el consumo de energía respecto al crecimiento de la economía, mejorando su productividad energética.
**Eficiencia energética para la producción y el uso de energía dentro de los sectores público, social y privado del país.

Tabla 3. (Continuación)

Eficiencia energética nacional	Sector: Energía	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Estado de avance en la implementación (pasos tomados)	Se tienen 30 normas oficiales mexicanas vigentes, que regulan la eficiencia energética en edificaciones, así como las características de operación de algunos electrodomésticos. En el rubro de administración pública federal se apoyó a 230 comités de uso eficiente de la energía, que operan 2,344 inmuebles y once instalaciones industriales. **Proyecto nacional de eficiencia energética en alumbrado público municipal** Se dio asistencia a 265 ayuntamientos, logrando que 10 proyectos obtengan apoyo del Fondo para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía (FOTEASE). Se ha realizado el seguimiento y análisis de información de 3,917 usuarios del patrón de alto consumo (UPAC), que son aquellos cuyo consumo anual de electricidad sea superior a los 45 GWh y/o que su consumo anual de combustibles haya superado 100,000 barriles equivalentes de petróleo crudo (BEP).	
Periodo de implementación	2013-2017	
Planeación (pasos previstos)	Se establecen las siguientes líneas de trabajo para lograr el objetivo de la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios: • Establecer las metas y la bitácora para la implementación de las metas de eficiencia energética y energías limpias. • Fomentar la reducción de emisiones contaminantes originadas por la industria eléctrica. • Reducir la dependencia del país de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía, bajo criterios de viabilidad económica. Estos objetivos se llevarán a cabo en cinco sectores: edificaciones, industria, transporte, servicios públicos municipales y agroindustria (SENER, 2015b), (SENER, 2016b).	
Indicador de seguimiento o progreso	$MtCO_2e$/año reducidas. GWh ahorrados.	
Resultados obtenidos	Por las acciones implementadas en todo el país, se logró una mitigación equivalente a 11.12 $MtCO_2e$ de 2013 a 2017.	
Información adicional u observaciones	CONUEE. (2016). *Informe de Desempeño Institucional CONUEE*. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282416/compressed_1557310675.pdf SENER. (2013). *1er Informe de Labores*. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247/1er-Informe-Labores-SENER-2013.pdf SENER. (2014). *2do Informe de Labores*. Ciudad de México. https://doi.org/10.1016/S0300-8932(08)75753-1 SENER. (2015a). *3er Informe de Labores*. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25591/3erInformeLabores.pdf SENER. (2015b). *Hoja de ruta en materia de eficiencia energética CONUEE*. Ciudad de México. https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3 SENER. (2016a). *4to Informe de Labores*. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/149989/4to._Informe_de_Labores_de_la_Secretar_a_de_Energ_a.pdf SENER. (2016b). *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Más Limpios. Secretaría de Energía*. Ciudad de México. https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estrategia-de-transicion-para-promover-el-uso-de-tecnologias-y-combustibles-mas-limpios-2016 SENER. (2017). *5to Informe de Labores*. Ciudad de México. https://doi.org/10.1016/S0300-8932(08)75753-1	

Tabla 4. Programa de transporte limpio

Programa de transporte limpio	Sector: Transporte	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Tipo o naturaleza	Programa nacional voluntario con participación del sector privado.	Institución responsable: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
Descripción	Programa cuyo objetivo es que las empresas transportistas de carga y pasaje, tanto urbano como foráneo, así como compañías usuarias del servicio de carga, reduzcan el consumo de combustible y las emisiones de GEI, permitiendo disminuir los costos de operación del transporte, mediante estrategias, tecnologías y mejores prácticas operativas que reducen el consumo de combustible en el transporte, tales como eco-driving, mantenimiento, mejoras de logística, llantas de baja resistencia al rodamiento y mejoras aerodinámicas, entre otras.	
Objetivo	Reducir el consumo de combustible en el autotransporte de carga y por consecuencia las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes criterio.	
Metodología y supuestos	**Metodología para el cálculo de emisiones:** $$C_m = C_{Sin_medidas} - C_{con_{medidas}}$$ $$E_m = C_m * FE$$ Donde: C_m= Consumo de combustible final. $C_{Sin_medidas}$ = Consumo de combustible sin aplicar medidas de reducción en el consumo de combustibles. $C_{Con_medidas}$ = Consumo de combustible aplicando medidas de reducción en el consumo de combustibles. E_m = Emisión mitigada. FE = Factor de emisión del combustible. Los datos de actividad se recopilan de la información que las empresas adheridas al programa voluntario envían a SEMARNAT de forma anual. Consideraciones: El factor de emisión empleado es de 2.72 kg CO_2/litro diésel consumido. Proviene del modelo FLEET de Estados Unidos y, para México, se modificó el poder calorífico.	
Planeación (pasos previstos)	Medida condicionada al otorgamiento de recursos encaminados a la promoción de tecnologías y capacitación de operadores.	
Periodo de implementación	A partir del año 2010 se encuentra en implementación de manera formal como programa federal voluntario. Anteriormente, durante 2008 y 2009, el programa estuvo en fase piloto.	
Estado de avance en la implementación (pasos tomados)	En 2017 se evaluaron 68,609 camiones, con un total de 298,392 camiones evaluados durante todo el tiempo del programa. Desde 2008 al 3 de agosto de 2018 se contabilizaron 409 empresas adheridas al programa.	
Indicador de seguimiento o progreso	$MtCO_2e$/año reducidas.	
Resultados obtenidos	Emisiones evitadas por año ($MtCO_2e$) 2013: 0.95; 2014: 1.35; 2015: 1.36; 2016: 2.12; 2017: 1.42	
Información adicional u observaciones	Adicionalmente se realiza el cálculo de reducción de otros contaminantes criterio como óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas. Este programa es uno de los componentes que integran la NAMA de autotransporte federal de carga en México. Para mayor información de la NAMA consultar la 6ª C., capítulo 3, "Políticas y medidas de mitigación", en la sección de transporte.	
Referencias	Fuente: (SEMARNAT, 2018) Programa de transporte limpio. http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/transporte-limpio	

Tabla 5. Vivienda nueva sustentable

Vivienda nueva sustentable	Sector: Residencial	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Tipo o naturaleza	NAMA	Institución responsable: SEDATU / Comisión Nacional de Vivienda
Descripción	La NAMA de vivienda nueva de México fue desarrollada por CONAVI en 2012 y actualizada en 2017 con criterios técnicos, financieros y de MRV. Tiene por objeto promover la construcción de vivienda sustentable. Actualmente, se encuentra en etapa de implementación; su cobertura es nacional e involucra a los distintos actores relevantes del sector mediante arreglos institucionales.	
Objetivo	Al 2030, se estima una potencial reducción de CO_2 entre 2.5 y 6.9 $MtCO_2e$ con respecto a una línea base, dependiendo del escenario de implementación.	
Metodología y supuestos	Se utiliza una herramienta de simulación denominada Sisevive-EcoCasa, para evaluar la eficiencia energética, consumo de agua y porcentaje de reducción de emisiones de CO_2 de los proyectos de vivienda con respecto a la línea base homologada entre las instituciones clave del sector, principalmente CONAVI/SEDATU, Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) e INFONAVIT.	
Estado de avance en la implementación (pasos tomados)	Vinculación entre las líneas de financiamiento de INFONAVIT, SHF y subsidio federal de la CONAVI a la NAMA de vivienda nueva. Mediante el NAMA Facility se concluyó el componente técnico y se continúa el componente financiero.	
Periodo de implementación	2012-2019, con escenarios estimados a 2030. Dicho periodo corresponde al desarrollo de dos componentes: el de asistencia técnica que concluyó en 2017 y el de cooperación financiera ejecutado por la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) que está en implementación.	
Pasos previstos	Identificación de esquemas de financiamiento internacional adicionales (y optimización continua de los existentes) complementarios a los créditos hipotecarios, para la continuidad de la vivienda nueva sustentable.	
Indicador de seguimiento o progreso	Número de viviendas NAMA registradas y construidas. $MtCO_2e$/año (directas e indirectas). Número de personas beneficiadas por la NAMA.	
Resultados obtenidos	Del 2013 a 2018: se han registrado y construido 101,739 viviendas con un impacto de 0.0995 $MtCO_2e$ de reducción de emisiones. Se han beneficiado 572,056 personas por la NAMA en el periodo.	
Referencias	SEDATU; CONAVI. (2018). *NAMA apoyada para la Vivienda Nueva en México. Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/350682/NAMA_Vivienda_Nueva_M_xico-Actualizacion_2017.pdf http://www.nama-facility.org/fileadmin/user_upload/publications/factsheets/2014-07_factsheet_nama-facility_new-housing-mexico.pdf Con información del Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (*SNIIV*) al 10 de agosto de 2018. http://sniiv.beta.conavi.gob.mx/inicio/index.aspx	

Tabla 6. Tratamiento de aguas residuales municipales

Tratamiento de aguas residuales municipales	Sector: Residuos	Gases de efecto invernadero cubiertos: CH_4
Tipo o naturaleza	Acciones para lograr la reducción de emisiones en el tratamiento de aguas residuales.	Institución responsable: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
Descripción	Disminuir las emisiones de metano generadas por el agua residual cruda, mediante el incremento de la cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales.	
Objetivo	Reducir 2.88 $MtCO_2e$ a 2018 (UNFCCC, 2009).	
Metodología y supuestos	La mitigación se estima a partir del incremento de la cobertura en el tratamiento de aguas residuales municipales colectadas y de alcantarillado con la metodología número *AM0080 "Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of waste water treatment plants"*, aprobada en el marco del MDL por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, misma que considera los siguientes componentes: *i)* el proceso de tratamiento del agua residual; *ii)* el tratamiento de lodo; *iii)* el consumo de electricidad; *iv)* el transporte de lodo para su disposición, y *v)* el consumo de combustibles fósiles.	
Planeación (pasos previstos)	Se cuenta con la Agenda del Agua 2030 en la cual están señalados los desafíos a mediano plazo, así como las iniciativas y acciones vinculadas al incremento de cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.	
Periodo de implementación	2013-2018	
Estado de avance en la implementación (pasos tomados)	En el periodo 2012-2016 la CONAGUA llevó a cabo la ampliación de la cobertura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el país a través de tres programas. Asimismo, a través de otros tres programas, llevó a cabo la mejora de la eficiencia de los organismos operadores. En el periodo 2012 a 2016, el promedio de inversiones anuales en alcantarillado y saneamiento fue de $14,960 millones de pesos. En total se invirtieron, en ese periodo, $74,800 millones de pesos.	
Indicador de seguimiento o progreso	Porcentaje de aumento de cobertura de tratamiento y $MtCO_2e$ reducidas.	
Resultados obtenidos	Entre 2013 y 2016, la cobertura de tratamiento de aguas residuales aumentó de 50.2% a 58.2%, lo que se traduce en 2.01 $MtCO_2e$ mitigadas en el periodo (CONAGUA, 2017).	
Información adicional u observaciones	Un área de oportunidad de esta medida de mitigación es mejorar el MRV, lo que implica fortalecer el acopio de información respecto de la generación y destino de los lodos de plantas de tratamiento, el destino de aguas residuales municipales no colectadas y no tratadas. En lo que se refiere a la cobertura de tratamiento de aguas residuales se prevé que, después de 2018, las tasas de incremento de la cobertura serán menores que las alcanzadas en el periodo 2013-2018, debido a que se ha dotado ya a las principales áreas urbanas de este servicio y a que en el futuro se requiere incrementar la cobertura en áreas más apartadas, con poblaciones en regiones con situaciones geográficas que dificultan, desde el punto de vista técnico, la ampliación de la cobertura de alcantarillado y tratamiento. Es por ello que se requiere el apoyo técnico para implementación de tecnologías para zonas geográficas con orografía y suelos complejos, así como de tecnologías de tratamiento, que permitan mayor mitigación.	
Referencias	CONAGUA. (2017). *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento 2017*. http://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-4-17.pdf UNFCCC. (2009). *AM0080 "Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of wastewater in aerobic wastewater treatment plants."* https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/6DITU9V0SFOR7EUYEBBVRHCAO2RD3Q	

Tabla 7. Producción pecuaria con prácticas de manejo sustentable

Promover una producción pecuaria con prácticas y obras de manejo sustentable	Sector: Pecuario	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Tipo o naturaleza	Acción 1: Programa de Fomento Ganadero (componente del PROGAN productivo). Acción 2: Programa de fomento a la agricultura.	Institución responsable: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
Descripción	Acción 1: atender la superficie ganadera en territorio nacional con prácticas y obras de manejo sustentable de tierras y ganado mediante el componente del PROGAN Productivo. Acción 2: apoyo para la instalación de biodigestores en granjas pecuarias.	
Objetivo	Acción 1: reducir 11.82 $MtCO_2e$. Acción 2: reducir 0.45 $MtCO_2e$.	
Metodología y supuestos	**Acción 1. Reducción de emisiones por captura de carbono en suelo** Para la estimación de la reducción de emisiones se realizó lo siguiente: **Re = S * Fe** **Fe = Fcaptura * Fconversión** Donde: Re = Reducción de emisiones. S = Superficie ganadera incluida en el Programa (ha) con evidencia de manejo (véanse supuestos). Fcaptura= 0.05 tC/ha/año (FAO, 2002) o 0.001 tC/ha/año (juicio de experto, véanse supuestos). Fconversión=3.67 CO_2/C (IPCC, 2006). Supuestos: Mediante PROGAN se alcanzó una superficie de 51,812,032 hectáreas. Sin embargo, para la estimación de la reducción de emisiones se consideró que sólo en 25% de esta superficie se realizan prácticas de conservación como el cuidado de los árboles y se evita la tala de éstos (SAGARPA/FedMVZ, 2016). Con lo anterior, se estimó el rango de la posible reducción de emisiones: *i)* utilizando el factor de captura de carbono (0.001 tC/ha/año) proporcionado por juicio de experto, y *ii)* utilizando el factor de 0.05 tC/ha/año (FAO, 2002). De este ejercicio se obtuvo un rango de reducción de emisiones entre 0.47 y 2.37 $MtCO_2e$. **Acción 2. Reducción de emisiones por instalación de biodigestores** Para la estimación se utilizó lo siguiente: $Re = Bp * IP * FE_1 + Be * IL * FE_2$ Donde: Re = Reducción de emisiones. Bp = Número de biodigestores instalados en granjas porcinas. IP = Inventario animal en la granja porcina. FE_1 = 9.6 kg CH_4^{-1}año^{-1} (véanse supuestos para factor de emisión). Be = Número de biodigestores instalados en establos lecheros. IL = Inventario animal en el establo lechero. FE_2 = 2.68 kg CH_4^{-1}año^{-1} (véanse supuestos para factor de emisión). Supuestos para factor de emisión (FE) Eficiencia del digestor de 70%. Temperatura promedio de 22.1°C. Manejo de excretas en lagunas aerobias. Peso promedio de bovinos de 402 kg. Peso promedio de porcinos de 53 kg. Capacidad promedio del biodigestor en establos lecheros de 3,890 m^3. Capacidad promedio del biodigestor en granjas porcinas de 2,522 m^3. Tiempo de retención hidráulica de 51 días.	

Tabla 7. (Continuación)

Promover una producción pecuaria con prácticas y obras de manejo sustentable	Sector: Pecuario	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Metodología y supuestos	Con base en lo anterior, se realizaron dos estimaciones de la reducción de emisiones: *i)* utilizando las directrices IPCC 2006 volumen 4, bajo los supuestos antes mencionados, y *ii)* utilizando la información proporcionada por SAGARPA que por biodigestor instalado se reducen 2,093 tCO_2/año. De este ejercicio se obtuvo un rango de reducción de emisiones entre 0.29 y 0.51 $MtCO_2e$.	
Planeación (pasos previstos)	La estrategia nacional de cambio climático 10-20-40 plantea aumentar el establecimiento de esquemas de producción agropecuaria sustentable con mayor potencial de mitigación e instrumentar acciones de eficiencia energética y utilización de energía renovable en proyectos del sector agropecuario y manejo sustentable de los recursos naturales.	
Periodo de implementación	2013-2017	
Estado de avance en la implementación (pasos tomados)	**Acción 1:** En el periodo 2013-2017 se atendieron 12,953,008 ha, con acciones de conservación. Se estima que, en 2017, se alcanzaron 62,965,674 ha apoyadas por el PROGAN, de las cuales el 82.3% (51,812,032 ha) tienen un manejo satisfactorio de tierras y que, de esta superficie, el 25% tiene acciones de conservación (12,953,008 ha) (SAGARPA/FedMVZ, 2016). **Acción 2:** Se instalaron 244 biodigestores entre 2013 y 2017, de los cuales el 79% se encuentran en granjas porcinas, 15% en establos lecheros y el 5% en industrias procesadoras de productos cárnicos. Antes del periodo de reporte, en el país se tenían instalados 116 biodigestores (instalados entre los años 2011 y 2012), de los cuales se estima una reducción de emisiones de 0.14 $MtCO_2e$.	
Indicador de seguimiento o progreso	$MtCO_2e$/periodo reducidas	
Resultados obtenidos	De las dos acciones se estima una reducción de emisiones para el periodo reportado entre 0.76 y 2.88 $MtCO_2e$ que representa un avance del 29% con respecto a la meta (12.27 $MtCO_2$).	
Información adicional u observaciones	**Acción 1:** Para mejorar la confiabilidad de la estimación de la reducción de emisiones se requerirá: • Análisis geoespacial de la información de INEGI, SAGARPA y CONAFOR de los predios beneficiados. • Establecer el factor de captura de carbono por tipo de suelo y vegetación. • Verificación de las acciones de mejora del suelo contempladas en el programa. • Verificación de las ha atendidas. • Establecer sistemas de monitoreo reporte y verificación (MRV). **Acción 2:** Para mejorar la confiabilidad de la estimación de la reducción de emisiones se requerirá: • Verificación del estado de los biodigestores. • Datos de actividad de las unidades de producción pecuarias beneficiadas. • Establecer sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV).	
Referencias	SEDATU; CONAVI. (2018). *NAMA apoyada para la Vivienda Nueva en México. Acciones de Mitigación y Paquetes Financieros*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/350682/NAMA_Vivienda_Nueva_M_xico-Actualizacion_2017.pdf http://www.nama-facility.org/fileadmin/user_upload/publications/factsheets/2014-07_factsheet_nama-facility_new-housing-mexico.pdf Con información del Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (*SNIIV*) al 10 de agosto de 2018: http://sniiv.beta.conavi.gob.mx/inicio/index.aspx	

Tabla 8. Uso del suelo y cambio de uso del suelo

Reducción de emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal, bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal	Sector: AFOLU	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Tipo o naturaleza	Programas institucionales para reducir la deforestación y degradación forestal, que forman parte del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) 2014-2018 y la estrategia nacional de manejo forestal sustentable para el incremento de la producción y productividad (ENAIPROS) 2013-2018.	Institución responsable: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
Descripción	El programa de pago por servicios ambientales y el componente II (silvicultura y manejo forestal) de la ENAIPROS, forman parte del PRONAFOR 2014-2018. Ambos programas tienen como parte de sus objetivos implementar acciones para reducir la deforestación y degradación forestal, mediante actividades de conservación, aprovechamiento y protección de los ecosistemas forestales. El componente II de la ENAIPROS considera la superficie forestal que se incorpora al manejo técnico forestal maderable y no maderable (bajo un programa de manejo o un estudio técnico). Estos programas representan una estrategia para detener la deforestación en las áreas forestales en que se implementan.	
Objetivo	El PRONAFOR 2014-2018 establece como meta, incrementar en 10.2% la superficie forestal incorporada al pago por servicios ambientales (PSA), lo que significa aumentar la superficie vigente bajo PSA en 2013 de 2,816,403 ha a 3,105,000 ha en 2018 (CONAFOR, 2014). La ENAIPROS establece como meta para 2018, incorporar o reincorporar 4,600,000 ha de superficie forestal al manejo técnico maderable con criterios de optimización de la capacidad productiva, ordenación forestal y conservación de la biodiversidad; además, la estrategia plantea alcanzar 1,140,000 ha bajo manejo forestal ejecutando acciones de intensificación de la silvicultura y prácticas para la conservación de la biodiversidad, así como aumentar a 2,500,00 ha la superficie forestal certificada (CONAFOR, 2013). Ambas metas están directamente relacionadas con la superficie forestal sobre la cual se evita la deforestación y se reduce la degradación forestal.	
Metodología y supuestos	Para la estimación de la reducción de emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal (SMF), se utilizaron las metodologías e insumos del Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación para REDD+, que implementa la CONAFOR, mismo que se utilizó para la elaboración del INEGYCEI como parte de la *Sexta Comunicación Nacional*. Para este ejercicio se aplicó un método simplificado de estimación del potencial de mitigación de los programas considerados, el cual se basa en el enfoque de "diferencia de almacenes" (IPCC, 2006) y toma en cuenta la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal, que son las principales fuentes de emisiones de GEI en el sector USCUSS. **Deforestación** Conforme al INEGYCEI-USCUSS de la *Sexta Comunicación Nacional* se considera como deforestación a las transiciones de tierras forestales a tierras no forestales. La definición es: El conjunto de cambios de cualquier clase de vegetación de tierras forestales a cualquier clase de uso de suelo y vegetación de tierras no forestales (praderas, agricultura, humedales, otras tierras o asentamientos humanos). Esta definición es consistente con la de la LGDFS: *Pérdida de la vegetación forestal, por causas inducidas o naturales, a cualquier otra condición.* Se calculó la superficie anual incorporada al pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal: $$SBa_i = SB_i * Ft$$ Donde: SBa_i = superficie beneficiada ajustada, en ha/año. SB_i = superficie beneficiada con acciones de PSA y SMF, en ha/año. Ft = factor de ajuste por traslape de los programas= 0.82. i = año.	

Tabla 8. **(Continuación)**

Reducción de emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal, bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal	Sector: AFOLU	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Metodología y supuestos	Para evitar una doble contabilidad de la reducción de emisiones, se aplicó un factor de ajuste para considerar áreas de posible traslape de la superficie beneficiada por PSA y SMF (simultáneamente), mismo que se obtuvo de un ejercicio realizado para cinco estados (Jalisco, Chiapas, Yucatán, Quintana Roo y Campeche) de la iniciativa de reducción de emisiones (en el marco de la ENAREDD+). Este ejercicio dio como resultado que 82% de la superficie no se traslape. Para el cálculo de la superficie anual de deforestación evitada se usó la fórmula: $$SDe_i = SBa_i * TD$$ Donde: SDe_i = superficie de deforestación evitada en el año i, en ha/año. SBa_i = superficie beneficiada ajustada en el año i, en ha/año. TD = tasa anual de deforestación bruta a nivel nacional, 0.3%. La superficie anual de deforestación evitada se obtuvo al multiplicar la superficie anual beneficiada ajustada (SBa) por la tasa anual de deforestación bruta a nivel nacional, estimada en 0.3%, que corresponde a una superficie deforestada de 251,202 ha/año en el periodo 2011-2014. Los periodos de apoyo para los programas son diferenciados, siendo de cinco años para el caso de PSA, y normalmente más de 10 años para el caso de la vigencia de un programa de manejo forestal maderable. Se utilizó la siguiente fórmula para estimar las emisiones evitadas por deforestación bajo las acciones PSA y SMF: $$EDe = \sum_{i}^{m} SDe_i * FE$$ Donde: EDe = emisiones evitadas por deforestación en la superficie bajo las acciones, en tC. SDe_i = superficie de deforestación evitada en el año i, en ha/año. FE = factor de emisión por deforestación, ponderado a nivel nacional, en tC/hectáreas. i = año 2012. m = año 2017. Se calculó un factor de emisión por deforestación ponderado a nivel nacional, estimado en 27.61 tC/hectáreas. Este FE considera la biomasa aérea y la subterránea para el conjunto de tierras forestales, exceptuando los matorrales xerófilos. Posteriormente se hizo la conversión a dióxido de carbono. **Degradación forestal** Es el conjunto de cambios de una misma clase de vegetación de tierras forestales en fase primaria a la misma clase de vegetación en fase secundaria. Los cambios asociados a la disminución de la cubierta forestal de la vegetación, relacionada con la disminución de su cobertura y su altura arbórea, y representada por las fases de vegetación secundaria para la misma clase de vegetación, son considerados como *degradación* para fines de esta estimación, consistente con el INEGYCEI. Para su estimación se realizaron los siguientes pasos: Se usó el mismo dato de la superficie anual beneficiada ajustada del ejercicio de deforestación mencionado previamente. Para calcular la superficie forestal susceptible a degradarse se usó la fórmula: $$SFD_i = SBa_i * TDf * t_y$$ Donde: SFD_i = superficie forestal susceptible a degradarse a partir del año i (durante 2012-2017), en hectáreas. SBa_i = superficie anual beneficiada ajustada en el año i, en ha (véase la sección de deforestación). TDf = tasa anual de degradación forestal, en porcentaje. t = tiempo de degradación, número de años. y = 2018-i.	

Tabla 8. **(Continuación)**

Reducción de emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal, bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal	**Sector:** AFOLU	**Gases de efecto invernadero cubiertos:** CO_2
Metodología y supuestos	Se estimó la tasa anual de degradación forestal a nivel nacional de 0.07%, que corresponde a una superficie degradada de 60,799 ha/año, en el periodo 2011-2014; ésta se aplicó a la superficie beneficiada ajustada, de acuerdo a cada periodo de duración de las acciones. A partir de la siguiente fórmula se estimaron las emisiones evitadas por degradación forestal: $$EDF = \sum_{i}^{m} SFD_i * FEdf_i$$ Donde: EDF = emisiones evitadas por degradación forestal, en tC. SFD_i = superficie forestal susceptible a degradarse a partir del año i (durante 2012-2017), en hectáreas. $FEdf_i$ = factor de emisión por degradación forestal en el año i, ponderado a nivel nacional, en tC/hectáreas. i = año 2012. m = año 2017. Se calculó un factor de emisión por degradación forestal ponderado a nivel nacional, el cual varía de acuerdo con el número de años de la degradación, en este caso los años que duran los programas. Los FE de degradación aplicados se presentan en la siguiente tabla: **Número de años** / **FE por degradación (tC/ha)** 1 / 1.08 2 / 2.16 3 / 3.24 4 / 4.32 5 / 5.40 6 / 6.48 Posteriormente se hizo la conversión a dióxido de carbono.	
Planeación (pasos previstos)	Estas acciones son parte del Programa Nacional Forestal 2014-2018, en el cual se incluyen la estrategia nacional de manejo forestal sustentable para el incremento de la producción y productividad (ENAIPROS), y la estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal (ENAREDD+) 2017-2030.	
Periodo de implementación	2012-2017	
Estado de avance en la implementación (pasos tomados)	México cuenta con una estrategia nacional REDD+, para continuar con las acciones que permitan disminuir las emisiones de GEI debidas a la deforestación y degradación forestal, en donde se plantean acciones PSA y SMF. Asimismo, cuenta con un sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación para REDD+, el cual se encuentra en un proceso continuo para mejorar la escala de la información y las capacidades técnicas, tanto en el ámbito nacional como en el estatal y municipal.	
Indicador de seguimiento o progreso	$MtCO_2e$ reducidas y superficie apoyada por las acciones.	
Resultados obtenidos	La reducción de emisiones fue de 8.92 $MtCO_2e$ durante el periodo 2012-2017, derivada de la incorporación de 3.36 millones de ha al pago por servicios ambientales y a las prácticas de silvicultura y manejo forestal en 6.82 millones de hectáreas.	

Tabla 8. **(Continuación)**

Reducción de emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal, bajo esquemas de pago por servicios ambientales y de silvicultura y manejo forestal	Sector: AFOLU	Gases de efecto invernadero cubiertos: CO_2
Información adicional u observaciones	Este es un cálculo preliminar y simplificado con alto nivel de incertidumbre. Para mejorar esta aproximación se identifican algunos pasos sustanciales: • Estratificar la información, por grupo de vegetación o por estado. • Superficie bajo apoyo de los programas, por estrato o estado. • Mejorar el control de calidad de los insumos espaciales. • Generar supuestos específicos en función de las condiciones estatales o por estrato. • Usar el enfoque de modelación del balance de carbono. • Usar insumos cartográficos con mayor resolución espacial y temporal.	
Referencia	Información obtenida de la comunicación con CONAFOR, 2018. CONAFOR. (2013). *Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018 (ENAIPROS)*. Zapopan. CONAFOR. (2014). *Programa Nacional Forestal 2014-2018.* Zapopan. CONAFOR. (2017). *Estrategia Nacional REDD+ México 2017-2030. Zapopan.* http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositoriodigital/items/show/546 IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Main (Vol. 2).* https://doi.org/http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf	

Tabla 9. **Acciones de las Entidades Federativas reportadas en implementación**

Entidad	Sector	Descripción de las acciones	Emisiones evitadas ($MtCO_2e$)	Metodología usada para la estimación
Ciudad de México	Energía: eficiencia energética	Eficiencia energética en el Sistema de Transporte Colectivo-Metro en luminarias, escaleras electromecánicas y trenes.	0.130148	Véase anexo metodológico
		Sistema de alumbrado público solar en el bosque San Juan de Aragón por la instalación de luminarias fotovoltaicas.	0.000207	
		Renovación y modernización del alumbrado público de la red vial primaria y secundaria de las 16 demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, con un ahorro de energía eléctrica de aproximadamente 30 por ciento.	0.132150	
		Programa de ahorro de energía eléctrica en la operación de pozos y plantas de bombeo del sistema de aguas de la Ciudad de México.	0.000465	ND
		Fomentar el buen desempeño ambiental de los establecimientos industriales, mercantiles, de servicios y espectáculos a través del programa de auditoría ambiental voluntaria.	0.117841	
	Energía: generación con fuentes renovables	Sistema de alumbrado público solar en el bosque de Chapultepec por la instalación de luminarias fotovoltaicas	0.000050	Véase anexo metodológico
		Instalación de sistemas de calentamiento solar de agua en hospitales del gobierno de la Ciudad de México, enfocado a suplir al menos 35% de la demanda de energía térmica anual de cada hospital, reduciendo su consumo de combustibles fósiles.	0.000031	
		Granja solar-fotovoltaica de generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable. del bosque de Chapultepec.	0.000027	
		Sistema de alumbrado público solar en Centro de Educación Ambiental por la instalación de luminarias fotovoltaicas.	0.000022	

Tabla 9. **(Continuación)**

Entidad	Sector	Descripción de las acciones	Emisiones evitadas ($MtCO_2e$)	Metodología usada para la estimación
Ciudad de México	Residuos: valorización y aprovechamiento de residuos	Aprovechamiento de la composta generada por el tratamiento de los residuos orgánicos y de poda. La planta de composta da tratamiento a casi 1,250 toneladas diarias de residuos orgánicos y de poda.	1.805936	Véase anexo metodológico
		Aprovechamiento energético de residuos de alto poder calorífico como combustible alterno en hornos cementeros.	0.308496	
		Programa de educación ambiental Mercado del Trueque enfocado a acopiar residuos valorizables. De 2013 a febrero de 2018 se llevaron a cabo 62 ediciones, en las cuales se recolectaron 679 toneladas de residuos, con una asistencia de 182,955 personas.	0.001143	
		Valorización de residuos recuperados en edificaciones del Gobierno de la Ciudad.	0.000016	
		Campaña Ponte Pilas con tu Ciudad, enfocado al acopio de pilas.	0.000008	ND
	Transporte: movilidad sustentable	Disminución de emisiones vehiculares, a través de la aplicación del programa Hoy No Circula.	2.698017	Véase anexo metodológico
		Implementación de nuevos corredores de Metrobús.	0.609915	
		Programa de vehículos contaminantes: detección y sanción de vehículos automotores que circulen en las avenidas de la Ciudad de México por emisión de humo ostensiblemente contaminante.	0.221601	
	Transporte: movilidad sustentable	Implementación de esquemas para la movilidad intermodal en zonas estratégicas de la ciudad: expansión del sistema de transporte individual ECOBICI que actualmente cuenta con 6,800 bicicletas, de las cuales 340 son eléctricas, distribuidas en 480 estaciones en 55 colonias, con una cobertura de 38 km².	0.003492	Véase anexo metodológico
		Operación de una flotilla de taxis eléctricos, iniciado en julio de 2015 con una flotilla de 20 taxis eléctricos, con capacidad de cinco pasajeros, con una autonomía de 175 km.	0.000143	
Chihuahua	Energía: eficiencia energética	Sustitución de sistemas eficientes de alumbrado público del municipio de Hidalgo del Parral.	0.001566	RM
		Sustitución de sistemas eficientes de alumbrado público del municipio de Camargo.	0.000180	
		Sistemas eficientes de alumbrado público del municipio de Ojinaga.	0.000402	
		Sustitución de luminarias por eficientes en escuelas de educación básica en el estado, con el apoyo de empresas gaseras en coordinación con la Dirección de Energía.	0.000323	
		Sustitución de 60 sistemas eficientes de alumbrado público del municipio de Guerrero en las localidades de Santiago y Guerrero.	0.000019	

Tabla 9. **(Continuación)**

Entidad	Sector	Descripción de las acciones	Emisiones evitadas ($MtCO_2e$)	Metodología usada para la estimación
Chihuahua	Energía: generación con fuentes renovables	Granja solar fotovoltaica de 60 MW de capacidad, propiedad privada instalada en el municipio de Ascensión.	0.045704	RM
		Granja solar fotovoltaica de 35 MW de capacidad, propiedad privada instalada en el Municipio de Camargo.	0.026661	
		Granja solar fotovoltaica de 35 MW de capacidad, propiedad privada instalada en el municipio de Jiménez.	0.026661	
		Granja solar fotovoltaica de 35 MW de capacidad, propiedad privada instalada en el municipio de Ojinaga.	0.026661	
		Proyecto de una planta solar fotovoltaica de 292.5 KW de capacidad, instalada en el estacionamiento de la Dirección de Pensiones Civiles del Estado para servicios propios en el estacionamiento y en parte de las oficinas de la institución.	0.000200	
		Granja solar fotovoltaica de 16 MW de capacidad, propiedad privada instalada en el entronque al poblado Moctezuma, municipio de Ahumada, para entregar la energía producida a Universidades Lasalle del país y a la industria en cables LEONI en Cd. Cuauhtémoc.	0.012188	
		Sistemas de agua potable operados con energía solar.	0.000350	
		Proyecto de una planta solar fotovoltaica de 250 KW de capacidad, instalada en la azotea del Hospital Infantil de la ciudad de Chihuahua, para suministro del 10% aprox. de la energía eléctrica que consume el nosocomio.	0.000190	
	Residuos: tratamiento de aguas residuales	Sistemas de tratamiento de aguas residuales por métodos naturales.	0.005200	
Coahuila	Energía: eficiencia energética	Sustitución de luminarias convencionales por luminarias LED en municipios.	0.013906	RM
	Transporte	Programa comparte tu auto (SMADU).	0.003565	RM
Estado de México	Energía: eficiencia energética	Ahorro de energía en la red de alumbrado público en municipios del Estado de México.	0.005000	RM
		Eficiencia energética y aplicación de tecnologías de energías renovables en el conjunto SEDAGRO.	0.000115	
Guanajuato	Energía	Ahorros de energía eléctrica implementados en las dependencias estatales con proyectos de mejora, y que han sido reconocidos por la Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES) del estado de Guanajuato.	0.000231	RM
		Ahorro en el consumo de energía eléctrica en edificios de la administración municipal de León, por la implementación del uso de energías renovables (celdas solares).	0.000021	
	Energía: eficiencia energética	Ahorros de energía eléctrica implementado por la industria, comercios y servicios, y que han sido reconocidos por la Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior (SICES) del estado de Guanajuato, con el Premio Estatal de Eficiencia Energética.	0.026405	RM
	Energía: uso de fuentes renovables de energía	Instalación de calentadores solares de agua.	0.023317	RM
	Industria	Programa para mejorar la calidad del aire (ProAire) regional Salamanca-Celaya-Irapuato, con el objetivo de disminuir emisiones de azufre con la reducción del consumo de combustóleo.	0.460791	RM

Tabla 9. (Continuación)

Entidad	Sector	Descripción de las acciones	Emisiones evitadas ($MtCO_2e$)	Metodología usada para la estimación
Guanajuato	Industria	Reducción en el consumo de combustibles por empresas de jurisdicción estatal, así como cambio en los mismos.	0.088776	Estimación de Cédulas de Operación Anual (COA) Estatales
	Transporte	Verificación vehicular del tipo estática en municipios del estado de Guanajuato.	0.004949	Utilización del Modelo Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES)
Guerrero	Energía: uso de fuentes renovables de energía	Programa de fomento al uso de energías alternativas con sistemas fotovoltaicos.	0.000066	RM
Jalisco	Energía: eficiencia energética, movilidad urbana y prácticas agropecuarias y forestales	Ciudades sustentables, Movilidad urbana y calidad del aire, Energías renovables y eficiencia energética, Fortalecer y consolidar buenas prácticas agropecuarias y forestales.	0.773561	RM
Morelos	Energía: eficiencia energética	Eficiencia energética en alumbrado público en el municipio de Jiutepec. 7,500 luminarias cambiadas equivalente al 49% del alumbrado público municipal.	0.005369	RM
		Premio Estatal de Ahorro de Energía.	0.000666	
		Implementación de un sistema de gestión de la energía en los edificios de la administración pública del gobierno del Estado.	0.000085	
		Sistema de calentamiento solar de agua en el Hospital de Jojutla.	0.000078	
	Energía: uso de fuentes renovables de energía	Incentivo fiscal para calentamiento solar de agua en el sector turístico: hospedaje y parques acuáticos.	0.000420	RM
Tabasco	Energía: eficiencia energética	Programa estatal de eficiencia energética.	0.021674	RM
Tamaulipas	Energía: uso de fuentes renovables de energía	Parque eólico Tres Mesas II.	0.245592	RM
		Parque eólico Tres Mesas I.	0.151076	
		Parque eólico El Provenir.	0.090970	
		Parque eólico Victoria.	0.072345	
		Parque eólico La Mesa.	0.041165	
Veracruz	Energía: eficiencia energética	38 medidas de mitigación GEI.	1.397561	RM
Yucatán	Energía: uso de fuentes renovables de energía	Instalación de paneles solares en cinco plantas de tratamiento de aguas residuales que pueden generar conjuntamente alrededor de 1,075, 000 KWh anuales.	0.000493	RM
	Residuos	Sistemas de tratamiento para desechos sólidos y líquidos en granjas porcícolas pequeñas y medianas. Enfocado al almacenamiento y eliminación de biogás.	0.028000	RM
		Total de mitigación GEI.	9.63	

Nota: RM: en revisión metodológica, ND: no determinado, (1) Las emisiones son evitadas para la CDMX.

Tabla 10. **Acciones de las Entidades Federativas reportadas en proceso de diseño**

Entidad	Sector, categoría	Descripción de las acciones	Emisiones evitadas ($MtCO_2e$)	Metodología usada para su estimación
Baja California	Transporte	Mejorar la eficiencia vehicular en la flota gubernamental.	0.0000001	RM
	Energía: eficiencia energética	Eficiencia energética en inmuebles residenciales nuevos, y edificaciones existentes en los sectores residencial y comercial.	0.0000015	RM
	Energía: generación de energía limpia	Electricidad generada por micro-centrales hidráulicas, diversificación de la matriz energética, energía renovable para edificios públicos y paneles fotovoltaicos en viviendas existentes.	0.0000010	RM
	Residuos	Aprovechar el metano de los rellenos sanitarios y aprovechamiento de agua residual.	0.0000003	RM
	Agropecuario y forestal	Gestión de excretas porcinas y de bovino lechero, aprovechamiento de la paja de trigo para la generación de electricidad, manejo del ganado de pastoreo y forestación urbana.	0.0000001	RM
Yucatán	Energía: eficiencia energética	Plan de gestión de carbono (PGC). Identificación de las oportunidades de eficiencia energética a implementarse en Palacio de Gobierno y en planeación en la Secretaría de Investigación.	0.0000380	RM
		Total de mitigación GEI	**0.000041**	

Metodologías de cuantificación del gobierno de la Ciudad de México

Aplicación del programa "Hoy No Circula"

$$E_m = E_c - E_b$$

Donde:

E_m = emisiones mitigadas por la acción en CO_2e.

E_c = sumatoria de las emisiones de GEI potenciales de los vehículos matriculados en la Ciudad de México en el escenario donde no existe el programa "Hoy No Circula".

E_b = sumatoria de las emisiones de GEI potenciales de los vehículos matriculados en la Ciudad de México en el escenario donde existe el programa "Hoy No Circula".

Teniendo entonces ecuaciones tanto para E_c como para E_b.

Para el caso de la estimación de emisiones de GEI potenciales de los vehículos matriculados en la Ciudad de México en el escenario donde no existe el programa "Hoy No Circula", E_c, se tienen las siguientes ecuaciones:

$$E_c = \sum_{k=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\left(E_{cij_{CO_2}} \bullet PCG_{CO_2} \right) + \left(E_{cij_{CH_4}} \bullet PCG_{CH_4} \right) + \left(E_{cij_{N_2O}} \bullet PCG_{N_2O} \right) \right]$$

Donde:
i = tipo de vehículo *i.*
j = año modelo de vehículo *j.*
k = combustible *k.*
N = número *n* de tipo de vehículos y año modelo *i*, *j.*
Eci_{CO2} = emisiones de CO_2 del vehículo *i*, *j* en el escenario donde no existe el programa "Hoy No Circula".
PCG_{CO2} = potencial de Calentamiento Global del CO_2.
Eci_{CH4} = emisiones de CH_4 del vehículo *i*, *j* en el escenario donde no existe el programa "Hoy No Circula".
PCG_{CH4} = potencial de Calentamiento Global del CH_4.
Eci_{N2O} = emisiones de N_{2O} del vehículo *i*, *j* en el escenario donde no existe el programa "Hoy No Circula".
PCG_{N2O} = potencial de Calentamiento Global del N_2O.

Siendo entonces:

1. $E_{ci_{CO_2}} = KRV_{ij} \bullet FE_{ijCO_2}$

2. $E_{ci_{CH_4}} = KRV_{ij} \bullet FE_{ijCH_4}$

3. $E_{ci_{N_2O}} = KRV_{ij} \bullet FE_{ijN_2O}$

Donde:
KRV_{ij} = kilómetros recorridos por vehículo del automóvil *i* en el escenario donde no existiese el programa "Hoy No Circula".
FE_{ijCO_2} = factor de emisión de CO_2 del vehículo *i*, *j*, *k*.
FE_{ijCH_4} = factor de emisión de CH_4 del vehículo *i*, *j*, *k*.
FE_{ijN_2O} = factor de emisión de N_2O del vehículo *i*, *j*, *k*.

Para el caso de la estimación de emisiones de GEI potenciales de los vehículos matriculados en la Ciudad de México en el escenario donde existe el programa "Hoy No Circula", E_b, se tienen las siguientes ecuaciones:

$$E_b = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}\left[\left(E_{bij_{CO_2}} \bullet PCG_{CO_2}\right) + \left(E_{bij_{CH_4}} \bullet PCG_{CH_4}\right) + \left(E_{bij_{N_2O}} \bullet PCG_{N_2O}\right)\right]$$

Donde:
i = tipo de vehículo *i.*
j = año modelo de vehículo *j.*
n = número *n* de tipo de vehículos y año modelo (*i*, *j*).
$E_{bij_{CO_2}}$ = emisiones de CO_2 del vehículo *i*, *j* en el escenario donde existe el programa "Hoy No Circula".
PCG_{CO_2} = potencial de Calentamiento Global del CO_2.
$E_{bij_{CH_4}}$ = emisiones de CH_4 del vehículo *i*, *j* en el escenario donde existe el programa "Hoy No Circula".
PCG_{CH_4} = potencial de Calentamiento Global del CH_4.
$E_{bij_{N_2O}}$ = emisiones de N_2O del vehículo *i*, *j* en el escenario donde existe el programa "Hoy No Circula".
PCG_{N_2O} = potencial de Calentamiento Global del N_2O.

Siendo entonces:

1. $E_{bij_{CO_2}} = KRV_{ij} \bullet FE_{ijCO_2}$

2. $E_{bij_{CH_4}} = KRV_{ij} \bullet FE_{ijCH_4}$

3. $E_{bij_{N_2O}} = KRV_{ij} \bullet FE_{ijN_2O}$

Donde:
KRV_{ij} = kilómetros recorridos por vehículo del automóvil *i* en el escenario donde existe el programa "Hoy No Circula".
FE_{ijCO_2} = factor de emisión de CO_2 para el vehículo *i*, *j*.
FE_{ijCH_4} = factor de emisión de CH_4 para el vehículo *i*, *j*.
FE_{ijN_2O} = factor de emisión de N_2O para el vehículo *i*, *j*.

Por valorización de residuos sólidos por composta

$$RE_{TC} = Q_{CH4} PCG_{CH4} - E_{TC}$$

Donde:
RE_{TC} = emisiones resultantes por composta.
Q_{CH4} = generación de metano en volumen por tiempo que depende del tipo de residuo.
PCG_{CH4} = potencial de calentamiento del metano, CH_4.
E_{TC} = emisiones totales por el tratamiento de residuos por composta.

$$Q_{CH4} = \sum_{i=1}^{n} kL_0 M_i \left(e^{-kt}\right)$$

Donde:
Q_{CH4} = generación de metano en volumen por tiempo que depende del tipo de residuo, así como de las constantes *k* y L_0 adecuadas a cada tipo.
i = incremento en tiempo de un año.
n = representa el año de cálculo menos el año inicial de disposición de los residuos a los que se les estimará las emisiones de metano.
k = constante de generación de metano de primer orden en tiempo^{-1}.
L_0 = potencial de generación de metano en volumen por masa.
M_i = residuos sólidos dispuestos en el año *i* en masa.
t = representa el periodo entre el tiempo final de estimación de emisiones de metano menos el tiempo inicial de disposición de los mismos en años.

$$L_0 = DDOC_m \bullet F \bullet {}^{16}\!/_{12}$$

Donde:
L_0 = potencial de generación de CH_4.
$DDOC_m$ = masa del carbono orgánico degradable disuelto depositado.

F = fracción de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción de volumen).
$^{16}/_{12}$ = cociente de pesos moleculares de metano entre carbono.

Donde:

$$DDOC_m = W \bullet DOC \bullet DOC_f \bullet MCF$$

Donde:
$DDOC_m$ = masa del carbono orgánico degradable disuelto depositado.
W = masa de los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario.
$DDOC$ = carbono orgánico degradable durante el año de disposición (fracción carbono/residuos).
DOC_f = fracción del DDOC que puede descomponerse (fracción).
MCF = factor de corrección de metano para la descomposición aeróbica durante el año de deposición de residuos sólidos (fracción).

Donde:

$$DDOC = \sum_i DOC_i \bullet W_i$$

Donde:
$DDOC$ = fracción de carbono orgánico degradable en los desechos brutos.
DOC_i = fracción de carbono orgánico degradable en los desechos de tipo i.
W_i = fracción del tipo de desecho i por categoría de desecho en relación con el total de la mezcla de residuos.

$$Q_{CO2} = Q_{CH4} \bullet \left[\left(\frac{1}{P_{CH4}} \right) - 1 \right]$$

Donde:
P_{CH4} = fracción de carbono orgánico degradable en los desechos brutos (50% o 0.5).
Q_{CH4} = generación de metano.
Q_{CO2} = generación de dióxido de carbono.

Metrobús

Se utiliza la metodología AM0031 para proyectos de autobuses de tránsito rápido *(Bus rapid transit projects)*, de las metodologías aprobadas para el desarrollo de líneas base y de monitoreo para actividades de proyectos del mecanismo de desarrollo limpio de gran escala. https://cdm.unfccc.int/methodologies/PA-methodologies/approved

Cambio de combustibles

$$RE_{CC} = CC_{AB} PC_{AB} FE_{AB} - \sum_{i=a}^{n} CC_n PC_n FE_n$$

Donde:
RE_{CC} = reducción de emisiones por cambio de uso de combustibles.
CC_{AB} = consumo de combustible del sistema convencional de acuerdo al año base.
FE_{AB} = factor de emisión del combustible del sistema convencional de acuerdo al año base.
PC_{AB} = poder calorífico del combustible del sistema convencional de acuerdo al año base.
CC_n = consumo de combustible alterno *n* durante el año evaluado.
FE_n = factor de emisión del combustible alterno *n* durante el año evaluado.
PC_n = poder calorífico del combustible *n* alterno.

Programa de vehículos contaminantes

$$E_m = \sum_{i=a}^{n} \sum_{j=a}^{n} d_{ij} \bullet KRV_{ij} \bullet FE_{ij} \bullet k$$

Donde:
E_m = sumatoria de las emisiones mitigadas de GEI por el cese de actividad de vehículos contaminantes, hasta la recuperación de placa.
i = tipo de vehículo *i* sancionado y con placa recuperada.
j = año modelos del vehículo *i* sancionado y con placa recuperada.
n_{ij} = número *n* vehículo *i*, *j* infraccionados que recuperaron su placa.
d_{ij} = días de circulación del vehículo *i*, *j* desde el día de la prueba técnica hasta cinco días antes del límite del periodo para su próxima verificación.
KRV_{ij} = kilómetros recorridos por vehículo del vehículo *i*, *j*.
FE_{ij} = factor de emisión del vehículo *i*, *j*.
k = constante que indica que un vehículo ostensiblemente contaminante emite cinco veces más que un vehículo en condiciones mecánicas óptimas.

Ahorro o generación fotovoltaica de energía eléctrica

$$RE_{EE} = \sum_{i=a}^{n} EA_{AEn} * FE_{AE}$$

Donde:
RE_{EE} = reducción de emisiones por el ahorro o generación fotovoltaica de energía eléctrica.
EA_{AEn} = cantidad de energía eléctrica ahorrada o generada fotovoltaicamente durante el año evaluado por la actividad *n*.
FE_{AE} = factor de emisión de la red eléctrica durante el año evaluado.

Utilización de bicicleta como medio de transporte en lugar de un vehículo automotor

$$RE_{CM} = \sum_{i=1}^{n} KRVn * FEn$$

Donde:
RE_{CM} = reducción de emisiones por cambio de uso modal de los usuarios de ECOBICI.

KRV_n = kilómetros recorridos por usuarios.
FE_n = factor de emisión por tipo de vehículo evitado de acuerdo con la línea base.

Valorización de residuos

$$RE_{RV} = \sum_{i=a}^{n} Res_n * FEE_n$$

Donde:
RE_{RV} = reducción de emisiones por la cantidad de residuos valorizados.
Res_n = cantidad de residuos *n* acopiados y valorizados.
FEE_n = factor de emisiones evitadas del residuo *n* por su acopio y valorización.

Flotilla de vehículos eléctricos

$$RE_{FE} = KRV_{FE}FE_{FC} - KRV_{FE}FE_{FE}$$

Donde:
RE_{FE} = reducción de emisiones por implementación de una flotilla de vehículos eléctricos en lugar de vehículos convencionales.
KRV_{FE} = kilómetros recorridos por vehículos de una flotilla eléctrica.
FE_{FC} = factor de emisión de los kilómetros recorridos por vehículos de una flotilla convencional.
FE_{FE} = factor de emisión de los kilómetros recorridos por vehículos de una flotilla eléctrica.

Ahorro de combustibles

$$RE_{AC} = (CC_{AB} - CC_{AC})\ FE_{AE}\ PC_{AE}$$

Donde:
RE_{AC} = reducción de emisiones por consumo de combustibles.
CC_{AB} = consumo de combustible del sistema convencional de acuerdo al año base.
CC_{AC} = consumo de combustible con un sistema de calentamiento solar de agua o con medidas de eficiencia energética.
FE_{AE} = factor de emisión del combustible durante el año evaluado.
PC_{AE} = poder calorífico del combustible durante el año evaluado.

Tabla 11. Resumen de proyectos MDL de México, 2018

Proyecto MDL por categoría	RCE* emitidas de proyectos registrados		Proyectos registrados ante la Junta Ejecutiva del MDL		Proyectos con Carta de Aprobación que no han sido registrados		Anteproyectos con Carta de No Objeción que no tienen Carta de Aprobación	
	RCE obtenidas		Promedio anual de RCE esperadas		Promedio anual de RCE esperadas		Promedio anual de RCE esperadas	
	Núm.	tCO_2e	No.	tCO_2e/año	Núm.	tCO_2e/año	Núm.	tCO_2e/año
Cogeneración	0	0	2	146,361	4	421,035	12	2,838,186
Distribución de electricidad	0	0	0	0	0	0	1	266,535
Eficiencia energética	1	710,826	7	389,412	6	929,846	41	15,216,037
Emisiones de gases industriales	2	14,855,343	3	2,580,561	1	102,592	5	982,773
Emisiones fugitivas de metano	1	85,177	2	377,813	4	2,702,701	3	768,305
Eólica	11	9,531,994	29	8,602,468	5	573,055	11	2,814,272
Geotérmica	0	0	1	86,495	0	0	2	174,684
Hidroeléctrica	3	629,668	8	313,366	9	921,479	26	3,262,660
Manejo de residuos en establos de ganado vacuno	5	36,466	17	160,441	8	361,875	3	128,834
Manejo de residuos en granjas porcícolas	35	2,913,226	80	2,669,393	18	551,681	3	255,368
Mareomotriz	0	0	0	0	0	0	3	47,500
Reforestación-Forestación	0	0	0	0	1	1,826	6	1,116,052
Reinyección de gas amargo en pozos petroleros	0	0	0	0	0	0	1	22,549,810
Relleno sanitario	11	4,234,975	29	3,127,363	11	743,535	16	2,737,318
Solar	0	0	0	0	2	278,911	2	139,335
Sustitución de combustibles	0	0	9	511,425	3	112,878	5	849,317
Transporte	3	102,111	5	518,356	1	0	2	225,102
Tratamiento de aguas residuales	0	0	1	15,153	4	109,930	4	940,906
Subtotal proyectos	**72**	**33,099,786**	**193**	**19,498,607**	**77**	**7,811,344**	**146**	**55,312,994**
Cogeneración	0	0	0	0	1	936	1	368,200
Eficiencia energética	2	38,291	5	64,812	2	10,744	2	2,165,000
Hidroeléctrica	0	0	1	4,811	0	0	0	0
Manejo de residuos en establos de ganado vacuno	0	0	0	0	1	12,125	1	149,062
Manejo de residuos en granjas porcícolas	0	0	2	3,795	0	0	0	0
Relleno sanitario	0	0	0	0	1	14,420	0	0
Renovables / Solar	0	0	1	18,417	1	6,783	1	15,854
Tratamiento de aguas residuales	0	0	1	5,243	0	0	0	0
Subtotal programáticos	2	38,291	10	97,078	6	45,008	5	2,698,116
Total general	**74**	**33,138,077**	**203**	**19,595,685**	**83**	**7,856,352**	**151**	**58,011,110**

Fuente: SEMARNAT, reporte al 30 de junio de 2018.
* Reducciones certificadas de emisiones (bonos de carbono).

Tabla 12. Necesidades tecnológicas para la política de mitigación

Sector	Medidas de las rutas tecnológicas	Necesidades tecnológicas
Petróleo y gas	Mitigación neta de GYCEI por proyectos de cogeneración de refinerías Tula, Salina Cruz y Cadereyta	Planta de cogeneración de ciclo combinado (CC).
	Mitigación de GYCEI por reducción de quema de gas en instalaciones de producción de petróleo y gas (*flaring* en *upstream*)	Unidades de reinyección o unidades de recompresión para separación de compuestos.
	Eficiencia energética en sistemas térmicos de refinerías de petróleo crudo (Etapa I, optimización, calibración de calderas)	Cambio de calderas con reingeniería para optimizar el intercambio de calor entre procesos y unidades (es complementario a la cogeneración).
	Optimización energética integral en operaciones de producción de crudo y gas natural (Etapa II, sustitución de equipos)	Sustitución de compresores y motores por equipos más sofisticados, que incluso permitan la cogeneración eléctrica.
	Mitigación neta de GYCEI por proyecto de cogeneración en complejo procesador de gas Cactus	Planta de cogeneración de ciclo combinado (CC).
	Secuestro geológico de CO_2 (CCS) para capacidad de producción firme de amoniaco de PEMEX	Tecnología para separación, compresión del gas CO_2 capturado, compresión y ductos para transporte a sitios de inyección.
	Proyecto de captura de CO_2 para recuperación mejorada de crudo (EOR)	Tecnología para separación, compresión del gas CO_2 capturado, compresión y ductos para transporte a sitios de inyección.
	Optimización energética integral en refinerías de petróleo crudo del sistema nacional de refinación (SNR)	Tecnologías que incluyan la integración de medidas de eficiencia energética, térmica, así como cogeneración.
	Proyecto de captura y secuestro de carbono (CCS), posterior a etapa productiva de recuperación mejorada de crudo (EOR)	Tecnología para separación, compresión del gas CO_2 capturado, compresión y ductos para transporte a sitios de inyección.
	Eficiencia energética en turbinas y motores de combustión interna en actividades de producción de petróleo y gas natural (Etapa I, calibración / ajuste de equipos)	Kits de actualización o calibración de equipos de compresores y motores de combustión interna.
	Optimización energética integral en complejos procesadores CPG (Etapa II, sustitución de equipos, re-ingeniería para la integración térmica del complejo)	Cambio de calderas con reingeniería para optimizar el intercambio de calor entre procesos y unidades.
	Reducción de emisiones por aplicación de mejores prácticas en producción de gas de esquisto (*shale gas*)	Tecnologías que contemplen mejores prácticas en producción de gas de esquisto para su implementación.
	Eficiencia energética en sistemas térmicos de complejos procesadores de gas (CPG) (Etapa I, calibración y ajuste de equipos)	Kits de actualización, calibración de equipos térmicos.
Generación eléctrica	Metas de generación renovable de la generación total: 35% a 2024; 37.7% a 2030, y 50% a 2050	Generación de energía renovable, utilizando las siguientes tecnologías: • Solar fotovoltaica. • Eólica. • Termosolar. • Biogás. • Biodiésel. • Biocombustibles sólidos. • Bioetanol. • Geotermia. • Energía oceánica.

Tabla 12. **(Continuación)**

Sector	Medidas de las rutas tecnológicas	Necesidades tecnológicas
Generación eléctrica	Metas de eficiencia energética como tasa anual promedio de 1.9% de reducción de la intensidad de consumo final de energía: 1.9% en el periodo 2016-2030 y 3.7% en el periodo 2031-2050	Tecnologías para mejorar la eficiencia energética en la transmisión y distribución del sector eléctrico: • Implementación de sistemas de redes inteligentes. • Implementación de tecnologías de generación distribuida. • Actualización de líneas, transformadores de distribución, medidores, asistencia técnica y generación de capacidades. • Actualización de sistemas de distribución de alta tensión, los condensadores en línea y medidores, el servicio al usuario y un sistema de facturación universal.
	Almacenamiento de energía	Apoyo en la implementación de energías renovables y mejora en la confiabilidad del sistema eléctrico, utilizando las siguientes tecnologías: • Baterías de estado sólido. • Baterías de flujo. • Volantes de inercia. • Aire comprimido. • Térmicas. • Bombas de potencia hídrica.
Autotransporte	Norma de eficiencia para vehículos ligeros	Mejoras tecnológicas en la operación de los motores y en el sistema de control de los autos, como tecnologías fuera de ciclo: a. Luces exteriores de alta eficiencia. b. Mejoras aerodinámicas activas. c. Motor con sistema paro-arranque. d. Paneles solares. e. Recuperador de desperdicio de calor. f. Sistema de calentamiento activo del motor. g. Sistema de calentamiento activo de la transmisión. h. Sistema de monitoreo de presión de llantas. i. Sistema eléctrico de circulación de calor. j. Controles térmicos. Mejoras tecnológicas en desarrollo y diseño: • Nuevos materiales más ligeros. • Neumáticos con menor fricción. • Menor resistencia al aire. • Transferencia tecnológica de vehículos con mayor eficiencia. Tecnologías de propulsión con la mejor tecnología en reducción de emisiones: • Combustión interna. • Híbridos. • Electro híbridos. • Eléctricos.
Autotransporte	Norma de eficiencia para vehículos pesados	Tecnologías de propulsión con la mejor tecnología en reducción de emisiones: • Combustión interna. • Híbridos. • Electro híbridos. • Eléctricos.
	Programa de transporte limpio	Incorporación de mejoras aerodinámicas a la carrocería, así como dispositivos de control de emisiones para el autotransporte federal.
	Penetración tecnológica	Sustitución de unidades convencionales individuales y de transporte público por tecnologías de bajo carbono como son la tecnología eléctrica e híbrida.

Tabla 12. **(Continuación)**

Sector	Medidas de las rutas tecnológicas	Necesidades tecnológicas
Industria de la manufactura (incluye quema de combustibles fósiles como procesos industriales)	Alimentos y bebidas Automotriz Metales no ferrosos Vidrio	La eficiencia de los hornos se puede mejorar con tecnologías o con sistemas de recuperación de calor.
	Vidrio	Mejoras en la composición de los combustibles.
	Metales no ferrosos	Mejora en los equipos y quemadores de los hornos.
Residuos sólidos	Relleno sanitario (captura y generación de energía limpia)	Relleno sanitario con aprovechamiento de biogás.
	Mixto (termovalorización y digestión anaerobia)	Combinación de alternativas tecnológicas (termovalorización y digestión anaerobia).
	Termovalorización	Termólisis (incineración de residuos sólidos urbanos).
	Digestión anaerobia	Digestión anaerobia (tratamiento de residuos sólidos urbanos).
	Compostaje	Compostaje (tratamiento de RSU orgánicos para ser usados como fertilizante).
Aguas residuales	Incremento de la cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales	PTAR con tratamiento de lodos activados o tratamientos aeróbicos y redes de alcantarillado.
	Sustitución, en base al caudal captado, de los sistemas anaerobios por sistemas aerobios	PTAR con tratamiento de lodos activados o tratamientos aeróbicos.
	Captura y aprovechamiento del biogás generado en PTAR y tratamiento alternativo lodos generados	PTAR con tratamiento de lodos activados o tratamientos aeróbicos con biodigestores para la recuperación de biogás.
	Incremento de las ARI tratadas respecto a las ARI captadas	PTAR con tratamiento fisicoquímico o similar que incluye toda la red de alcantarillado necesaria para la recolección y tratamiento de aguas residuales industriales.
Residencial	Regadera ahorradora de agua	Regaderas con grado ecológico.
	Calentador eficiente de agua	Sustitución de calentadores de leña por calentadores de agua de paso o instantáneos, de gas condensados con eficiencias superiores al 90% en su combustión. Bombas calentadoras de agua y tecnologías de energía solar térmica (tecnologías de bombeo de calor). Distritos de calentamiento térmico con base en tecnologías de bajo carbono (distritos de calefacción). Tecnologías de almacenamiento y conservación de energía.
	Calentador solar de agua	Calentadores de agua solar en cumplimiento con normatividad vigente.
Residencial y comercial indirectas	Iluminación eficiente	Lámparas ahorradoras (ejemplo: fluorescentes, LED).
	Envolvente térmico	Ejemplo: aislamiento térmico en techos y/o muros, pintura reflectora, ventanas térmicas.
	Aire acondicionado eficiente	Ejemplo: inverter o tecnologías de enfriamiento alternativas como el evaporativo o el asistido con solar.
	Generación distribuida	Paneles fotovoltaicos o sistema de paneles fotovoltaicos.
Comercial	Calentador eficiente de agua	Calentadores de agua de paso o instantáneos, de gas condensados con eficiencias superiores al 90%. Bombas calentadoras de agua y tecnologías de energía solar térmica (tecnologías de bombeo de calor). Distritos de calentamiento térmico con base en tecnologías de bajo carbono (distritos de calefacción). Tecnologías de almacenamiento y conservación de energía.
	Calentador solar de agua	Calentadores solares de agua en cumplimiento con normatividad publicada.

Tabla 12. **(Continuación)**

Sector	Medidas de las rutas tecnológicas	Necesidades tecnológicas
Agropecuario	Instalación y operación de biodigestores	Biodigestores correctamente diseñados para el tipo de granja y las características de la región, y de promover el uso de biodigestores que mantengan la temperatura y resuspendan sólidos.
	Reducción del uso de fertilizantes sintéticos	Maquinaria y equipo para transportar, almacenar y fertilizar campos agrícolas con excretas. Maquinaria para composteo.
	Agricultura de conservación	Maquinaria y equipo agrícola para mínima labranza, labranza de conservación y sembradoras.
USCUSS	Alcanzar una tasa de 0% de deforestación neta para 2030	Fortalecimiento del sistema de monitoreo satelital, para identificar y dar seguimiento de los cambios en la cobertura de las tierras, para generar información más frecuente y con mayor detalle. Establecimiento de sistemas silvopastoriles/agrosilvopastoriles, como parte de la estrategia de gestión integrada del territorio. Implementación de sistemas/plataformas de modelación sobre emisiones y absorciones de GEI, como herramientas para la toma de decisiones sobre mitigación.
	Manejo Forestal Sustentable	Implementación de sistemas y modelos de gestión de los bosques bajo manejo y plantaciones forestales, para mejorar los sistemas bajo manejo.
	Manejo e incremento de los sumideros de carbono en áreas naturales protegidas	Uso de sistemas de plantaciones con drones, en los esfuerzos de reforestación.

Tabla 13. **Recursos recibidos por México del GEF y del GCF en el periodo 2015-2018**

Fuente de financiamiento	Descripción
GEF	Asignación para México, en el periodo 2014 a 2018, para proyectos y acciones de cambio climático de $27.7 millones de dólares; hasta el momento se han recibido $20.8 millones.
GCF	Proyecto de bonos verdes para eficiencia energética por seis años, por $22 millones de dólares. Proyecto conjunto con Guatemala, de $5.4 millones para crédito, $1.5 millones para garantías, $11 millones para acciones y $2.1 millones para donaciones, con el objetivo de apoyar la transición a una agricultura de bajas emisiones y resilientes al clima en Guatemala y México a través de la creación de una facility de riesgo compartido para desbloquear instrumentos financieros innovadores y escalables para las MIPYME.

Fuente: Global Environmental Facility, Mexico Country Profile, 2018; Green Climate Fund, Mexico Country Profile, 2018.

Tabla 14. México: recursos aportados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, 2016-2018

Título	Área focal	Agencia implementadora	Otorgado FMAN ($ Dólares)	Cofinanciamiento ($ Dólares)	Estatus	Año
Transparency under the Paris Agreement: National and Subnational Contribution and Tracking towards Mexico's NDC	Cambio climático	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	$1,826,485	$1,500,000	Concepto aprobado	2018
Mexico Municipal Energy Efficiency Project (PRESEM)	Cambio climático	Banco Mundial (BM)	$5,790,000	$212,000,000	Proyecto aprobado	2017
Sustainable Productive Landscapes	Biodiversidad, degradación del suelo, cambio climático	Banco Mundial (BM)	$21,862,385	$54,295,600	Proyecto aprobado	2017
Sixth Operational Phase of the GEF Small Grants Programme in Mexico	Biodiversidad, degradación del suelo, cambio climático	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	$4,429,223	$6,333,389	Proyecto aprobado	2016

Fuente: Global Environmental Facility, Mexico Country Profile, 2018.

Tabla 15. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1990

Sector/Categoría/Subcategoría	1990							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	$GgCO_2e$							
[1] Energía	**283,838.01**	**15,737.90**	**1,897.34**				**301,473.25**	**86.73**
[1A] Actividades de quema de combustible	272,153.75	3,428.00	1,897.34				277,479.09	84.90
[1A1] Industrias de la energía	102,462.90	89.50	182.84				102,735.24	13.62
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	50,586.16	101.77	141.64				50,829.57	21.97
[1A3] Transporte	91,445.84	841.50	1,254.49				93,541.83	16.58
[1A4] Otros sectores	27,658.85	2,395.22	318.37				30,372.44	32.73
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	11,684.26	12,309.91					23,994.17	1.83
[1B1] Combustibles sólidos		3,241.64					3,241.64	
[1B2] Petróleo y gas natural	11,684.26	9,068.26					20,752.53	1.83
[2] Procesos industriales y uso de productos	**30,263.21**	**257.95**	**872.91**	**760.64**	**437.73**	**32.41**	**32,624.86**	
[2A] Industria de los minerales	13,209.09						13,209.09	
[2A1] Producción de cemento	10,735.74						10,735.74	
[2A2] Producción de cal	2,166.68						2,166.68	
[2A3] Producción de vidrio	306.66						306.66	
[2B] Industria química	6,999.00	257.95	872.91	760.64			8,890.50	
[2B1] Producción de amoniaco	4,593.20						4,593.20	
[2B2] Producción de ácido nítrico			703.58				703.58	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			169.34				169.34	

Tabla 15. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1990							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	$GgCO_2e$							
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	87.83						87.83	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	60.72						60.72	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,257.25	257.95					2,515.21	
[2B9] Producción fluoroquímica				760.64			760.64	
[2C] Industria de los metales	9,764.17				437.73		10,201.91	
[2C1] Producción de hierro y acero	8,666.78						8,666.78	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	341.19						341.19	
[2C3] Producción de aluminio	104.23				437.73			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	97.30						97.30	
[2C6] Producción de zinc	554.68						554.68	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	290.95						290.95	
[2D1] Uso de lubricantes	235.88						235.88	
[2D2] Uso de la cera de parafina	55.08						55.08	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						32.41	32.41	
[2G1] Equipos eléctricos						32.41	32.41	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,799.10**	**64,612.48**	**33,013.76**				**-50,172.86**	**3.09**
[3A] Ganado		63,787.83	2,706.35				66,494.18	
[3A1] Fermentación entérica		52,743.70					52,743.70	
[3A2] Gestión de estiércol		11,044.14	2,706.35				13,750.48	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	

Tabla 15. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1990							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	$GgCO_2e$							
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	467.12	824.65	30,307.41				31,599.18	3.09
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		486.69	147.71				634.40	3.09
[3C3] Aplicación de urea	436.19						436.19	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			23,347.01				23,347.01	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			6,289.93				6,289.93	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			522.77				522.77	
[3C7] Cultivo de arroz		337.96					337.96	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**463.45**	**10,794.04**	**1,292.61**				**12,550.11**	**1.56**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		129.67					129.67	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		129.67					129.67	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos								
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos								
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos								
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	463.45	923.46	201.69				1,588.60	1.56
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos								
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	463.45	923.46	201.69				1,588.60	1.56
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		9,740.91	1,090.92				10,831.83	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,280.63	1,090.92				5,371.55	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		5,460.28					5,460.28	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**315,031.80**	**91,402.38**	**37,076.62**	**760.64**	**437.73**	**32.41**	**444,741.57**	**91.38**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**166,765.58**	**91,402.38**	**37,076.62**	**760.64**	**437.73**	**32.41**	**296,475.36**	**91.38**
Bunkers	2,052.94	0.40	14.98				2,068.32	
Aviación internacional	2,052.94	0.40	14.98				2,068.32	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	35,955.86						35,955.86	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 16. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1991

Sector/Categoría/Subcategoría	1991							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**294,173.36**	**15,611.31**	**3,106.09**				**312,890.76**	**91.08**
[1A] Actividades de quema de combustible	282,379.17	3,321.17	3,106.09				288,806.42	89.24
[1A1] Industrias de la energía	105,157.17	91.92	187.66				105,436.74	13.24
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	50,757.27	110.19	150.66				51,018.13	25.10
[1A3] Transporte	97,756.04	702.90	2,446.76				100,905.70	17.45
[1A4] Otros sectores	28,708.69	2,416.15	321.01				31,445.85	33.45
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	11,794.19	12,290.14					24,084.33	1.84
[1B1] Combustibles sólidos		2,917.24					2,917.24	
[1B2] Petróleo y gas natural	11,794.19	9,372.90					21,167.09	1.84
[2] Procesos industriales y uso de productos	**29,001.10**	**259.61**	**1,018.73**	**882.87**	**320.77**	**35.04**	**31,518.11**	
[2A] Industria de los minerales	13,473.91						13,473.91	
[2A1] Producción de cemento	10,954.79						10,954.79	
[2A2] Producción de cal	2,200.63						2,200.63	
[2A3] Producción de vidrio	318.48						318.48	
[2B] Industria química	7,028.80	259.61	1,018.73	882.87			9,190.01	
[2B1] Producción de amoniaco	4,715.69						4,715.69	
[2B2] Producción de ácido nítrico			839.76				839.76	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			178.97				178.97	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	93.27						93.27	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	60.72						60.72	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,159.13	259.61					2,418.73	
[2B9] Producción fluoroquímica				882.87			882.87	
[2C] Industria de los metales	8,191.84				320.77		8,512.61	
[2C1] Producción de hierro y acero	7,215.58						7,215.58	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	285.36						285.36	
[2C3] Producción de aluminio	76.38				320.77			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	97.30						97.30	
[2C6] Producción de zinc	517.21						517.21	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	306.54						306.54	
[2D1] Uso de lubricantes	253.27						253.27	
[2D2] Uso de la cera de parafina	53.27						53.27	
[2D3] Uso de disolventes								

Tabla 16. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1991							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						35.04	35.04	
[2G1] Equipos eléctricos						35.04	35.04	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,905.19**	**63,124.47**	**31,571.06**				**-53,209.66**	**3.00**
[3A] Ganado		62,383.11	2,814.09				65,197.20	
[3A1] Fermentación entérica		52,158.08					52,158.08	
[3A2] Gestión de estiércol		10,225.03	2,814.09				13,039.12	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	361.02	741.36	28,756.97				29,859.35	3.00
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		463.60	140.58				604.18	3.00
[3C3] Aplicación de urea	329.71						329.71	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,130.25				22,130.25	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,945.89				5,945.89	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			540.25				540.25	
[3C7] Cultivo de arroz		277.76					277.76	
[3D1] Productos de madera recolectada								

Tabla 16. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1991							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4] Residuos	**475.05**	**11,957.00**	**1,334.40**				**13,766.45**	**1.60**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		568.50					568.50	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		550.07					550.07	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		17.27					17.27	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		1.16					1.16	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0.32	0.23				0.55	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	475.05	946.53	206.73				1,628.31	1.60
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos								
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	475.05	946.53	206.73				1,628.31	1.60
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		10,441.65	1,127.44				11,569.09	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,291.80	1,127.44				5,419.24	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		6,149.85					6,149.85	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**324,010.53**	**90,952.39**	**37,030.27**	**882.87**	**320.77**	**35.04**	**453,231.87**	**95.68**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**175,744.31**	**90,952.39**	**37,030.27**	**882.87**	**320.77**	**35.04**	**304,965.65**	**95.68**
Bunkers	1,967.32	0.38	14.36				1,982.06	
Aviación internacional	1,967.32	0.38	14.36				1,982.06	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	37,336.47						37,336.47	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 17. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1992**

Sector/Categoría/Subcategoría	1992							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**295,572.88**	**15,423.53**	**3,132.22**				**314,128.63**	**90.69**
[1A] Actividades de quema de combustible	283,725.35	3,413.12	3,132.22				290,270.69	88.83
[1A1] Industrias de la energía	104,125.05	89.65	183.72				104,398.42	13.08
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	50,462.95	104.74	144.32				50,712.00	23.11
[1A3] Transporte	98,415.05	710.46	2,470.80				101,596.31	17.34
[1A4] Otros sectores	30,722.29	2,508.27	333.39				33,563.95	35.30

Tabla 17. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1992							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	11,847.54	12,010.41					23,857.94	1.86
[1B1] Combustibles sólidos		2,616.82					2,616.82	
[1B2] Petróleo y gas natural	11,847.54	9,393.59					21,241.13	1.86
[2] Procesos industriales y uso de productos	**30,333.76**	**277.78**	**617.14**	**566.39**	**283.56**	**39.57**	**32,118.21**	
[2A] Industria de los minerales	14,316.34						14,316.34	
[2A1] Producción de cemento	11,751.45						11,751.45	
[2A2] Producción de cal	2,234.58						2,234.58	
[2A3] Producción de vidrio	330.31						330.31	
[2B] Industria química	7,170.22	277.78	617.14	566.39			8,631.54	
[2B1] Producción de amoniaco	4,672.71						4,672.71	
[2B2] Producción de ácido nítrico			435.98				435.98	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			181.17				181.17	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	95.95						95.95	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	60.72						60.72	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,340.84	277.78					2,618.63	
[2B9] Producción fluoroquímica				566.39			566.39	
[2C] Industria de los metales	8,537.51				283.56		8,821.07	
[2C1] Producción de hierro y acero	7,622.76						7,622.76	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	252.65						252.65	
[2C3] Producción de aluminio	67.52				283.56			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	88.20						88.20	
[2C6] Producción de zinc	506.38						506.38	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	309.69						309.69	
[2D1] Uso de lubricantes	257.68						257.68	
[2D2] Uso de la cera de parafina	52.01						52.01	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						39.57	39.57	

Tabla 17. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1992							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2G1] Equipos eléctricos						39.57	39.57	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,819.45**	**61,720.18**	**31,642.85**				**-54,456.43**	**3.03**
[3A] Ganado		60,869.99	2,907.88				63,777.87	
[3A1] Fermentación entérica		50,822.63					50,822.63	
[3A2] Gestión de estiércol		10,047.36	2,907.88				12,955.23	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	446.77	850.19	28,734.97				30,031.92	3.03
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		524.85	159.24				684.09	3.03
[3C3] Aplicación de urea	415.07						415.07	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,075.60				22,075.60	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,948.84				5,948.84	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			551.29				551.29	
[3C7] Cultivo de arroz		325.34					325.34	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**487.04**	**13,226.78**	**1,362.87**				**15,076.69**	**1.64**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		1,080.20					1,080.20	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		1,044.63					1,044.63	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		33.30					33.30	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		2.27					2.27	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0.32	0.23				0.55	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	487.04	970.46	211.96				1,669.46	1.64

Tabla 17. (Continuación)

Sector/Categoría/Subcategoría	1992							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos								
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	487.04	970.46	211.96				1,669.46	1.64
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		11,175.80	1,150.68				12,326.48	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,294.98	1,150.68				5,445.66	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		6,880.82					6,880.82	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**326,840.44**	**90,648.27**	**36,755.08**	**566.39**	**283.56**	**39.57**	**455,133.32**	**95.36**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**178,574.23**	**90,648.27**	**36,755.08**	**566.39**	**283.56**	**39.57**	**306,867.10**	**95.36**
Bunkers	2,069.07	0.40	15.10				2,084.57	
Aviación internacional	2,069.07	0.40	15.10				2,084.57	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	37,725.69						37,725.69	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 18. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1993

Sector/Categoría/Subcategoría	1993							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**296,829.47**	**15,677.38**	**3,180.01**				**315,686.87**	**93.64**
[1A] Actividades de quema de combustible	283,302.83	3,328.86	3,180.01				289,811.70	91.24
[1A1] Industrias de la energía	102,121.17	85.94	184.21				102,391.32	13.10
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	51,635.30	113.73	157.30				51,906.32	25.70
[1A3] Transporte	100,679.89	723.71	2,522.37				103,925.98	17.92
[1A4] Otros sectores	28,866.47	2,405.48	316.14				31,588.08	34.52
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	13,526.64	12,348.53					25,875.17	2.40
[1B1] Combustibles sólidos		3,106.29					3,106.29	
[1B2] Petróleo y gas natural	13,526.64	9,242.24					22,768.88	2.40
[2] Procesos industriales y uso de productos	**30,117.61**	**246.02**	**695.18**	**869.86**	**173.18**	**43.48**	**32,145.34**	
[2A] Industria de los minerales	15,006.67						15,006.67	
[2A1] Producción de cemento	12,388.91						12,388.91	
[2A2] Producción de cal	2,275.62						2,275.62	
[2A3] Producción de vidrio	342.13						342.13	
[2B] Industria química	5,962.03	246.02	695.18	869.86			7,773.09	
[2B1] Producción de amoniaco	3,729.91						3,729.91	

Tabla 18. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1993							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B2] Producción de ácido nítrico			543.78				543.78	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			151.40				151.40	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	109.34						109.34	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	60.72						60.72	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,062.06	246.02					2,308.08	
[2B9] Producción fluoroquímica				869.86			869.86	
[2C] Industria de los metales	8,889.80				173.18		9,062.98	
[2C1] Producción de hierro y acero	7,993.35						7,993.35	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	242.68						242.68	
[2C3] Producción de aluminio	41.24				173.18			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	79.85						79.85	
[2C6] Producción de zinc	532.68						532.68	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	259.11						259.11	
[2D1] Uso de lubricantes	211.94						211.94	
[2D2] Uso de la cera de parafina	47.18						47.18	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						43.48	43.48	
[2G1] Equipos eléctricos						43.48	43.48	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,852.56**	**62,318.28**	**31,409.07**				**-54,125.20**	**2.99**
[3A] Ganado		61,635.43	2,988.08				64,623.50	
[3A1] Fermentación entérica		49,835.38					49,835.38	

Tabla 18. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1993							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3A2] Gestión de estiércol		11,800.05	2,988.08				14,788.12	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	413.66	682.86	28,421.00				29,517.51	2.99
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		502.67	152.08				654.74	2.99
[3C3] Aplicación de urea	381.33						381.33	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,882.25				21,882.25	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,815.71				5,815.71	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			570.96				570.96	
[3C7] Cultivo de arroz		180.19					180.19	
[3D1] Productos de madera recolectada							0.00	
[4] Residuos	**499.52**	**14,634.03**	**1,391.96**				**16,525.51**	**1.64**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		1,571.25					1,571.25	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		1,519.62					1,519.62	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		48.27					48.27	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		3.36					3.36	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0.32	0.23				0.55	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	499.52	995.35	217.39				1,712.26	1.64
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos								
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	499.52	995.35	217.39				1,712.26	1.64
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		12,067.11	1,174.34				13,241.45	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,294.25	1,174.34				5,468.59	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		7,772.86					7,772.86	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**327,860.26**	**92,875.72**	**36,676.22**	**869.86**	**173.18**	**43.48**	**458,498.73**	**98.27**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**179,594.05**	**92,875.72**	**36,676.22**	**869.86**	**173.18**	**43.48**	**310,232.51**	**98.27**

Tabla 18. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1993							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
Bunkers	2,047.31	0.39	14.94				2,062.65	
Aviación internacional	2,047.31	0.39	14.94				2,062.65	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	37,424.85						37,424.85	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 19. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1994**

Sector/Categoría/Subcategoría	1994							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**315,530.23**	**15,266.88**	**2,719.47**				**333,516.57**	**92.45**
[1A] Actividades de quema de combustible	301,957.49	2,785.96	2,719.47				307,462.92	90.12
[1A1] Industrias de la energía	116,869.29	99.24	216.95				117,185.49	15.60
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	52,223.81	102.22	142.91				52,468.94	21.83
[1A3] Transporte	105,485.39	175.99	2,043.65				107,705.02	18.80
[1A4] Otros sectores	27,379.00	2,408.51	315.95				30,103.47	33.90
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	13,572.73	12,480.92					26,053.65	2.33
[1B1] Combustibles sólidos		3,299.19					3,299.19	
[1B2] Petróleo y gas natural	13,572.73	9,181.73					22,754.46	2.33
[2] Procesos industriales y uso de productos	**32,919.27**	**248.22**	**762.64**	**695.28**		**46.81**	**34,672.22**	
[2A] Industria de los minerales	16,508.01						16,508.01	
[2A1] Producción de cemento	13,835.62						13,835.62	
[2A2] Producción de cal	2,316.71						2,316.71	
[2A3] Producción de vidrio	355.68						355.68	
[2B] Industria química	6,622.09	248.22	762.64	695.28			8,328.23	
[2B1] Producción de amoniaco	4,306.50						4,306.50	
[2B2] Producción de ácido nítrico			595.30				595.30	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			167.34				167.34	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	131.03						131.03	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	60.72						60.72	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,123.83	248.22					2,372.05	
[2B9] Producción fluoroquímica				695.28			695.28	
[2C] Industria de los metales	9,526.59						9,526.59	

Tabla 19. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1994							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2C1] Producción de hierro y acero	8,528.41						8,528.41	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	253.11						253.11	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	88.57						88.57	
[2C6] Producción de zinc	656.50						656.50	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	262.59						262.59	
[2D1] Uso de lubricantes	216.70						216.70	
[2D2] Uso de la cera de parafina	45.89						45.89	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						46.81	46.81	
[2G1] Equipos eléctricos						46.81	46.81	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,832.06**	**64,086.37**	**32,083.93**				**-51,661.76**	**3.00**
[3A] Ganado		63,319.61	3,164.31				66,483.92	
[3A1] Fermentación entérica		51,603.20					51,603.20	
[3A2] Gestión de estiércol		11,716.41	3,164.31				14,880.72	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	434.15	766.76	28,919.61				30,120.53	3.00

Tabla 19. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1994							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		498.48	151.47				649.95	3.00
[3C3] Aplicación de urea	401.21						401.21	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,295.24				22,295.24	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,877.34				5,877.34	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			595.57				595.57	
[3C7] Cultivo de arroz		268.28					268.28	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**512.68**	**15,926.27**	**1,489.32**				**17,928.26**	**1.73**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		2,044.83					2,044.83	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		1,976.17					1,976.17	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		62.31					62.31	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		6.35					6.35	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.78				163.28	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	512.68	1,021.27	223.05				1,757.00	1.73
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	512.54	1,021.27	223.05				1,756.86	1.73
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		12,764.67	1,198.48				13,963.15	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,290.64	1,198.48				5,489.12	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		8,474.03					8,474.03	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**349,396.33**	**95,527.74**	**37,055.35**	**695.28**		**46.81**	**482,721.51**	**97.18**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**201,130.11**	**95,527.74**	**37,055.35**	**695.28**		**46.81**	**334,455.29**	**97.18**
Bunkers	2,105.84	0.41	15.37				2,121.62	
Aviación internacional	2,105.84	0.41	15.37				2,121.62	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	36,096.90						36,096.90	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 20. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1995

Sector/Categoría/Subcategoría	1995							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**305,374.46**	**15,184.36**	**2,610.37**				**323,169.19**	**94.74**
[1A] Actividades de quema de combustible	288,940.82	2,792.09	2,610.37				294,343.28	91.28
[1A1] Industrias de la energía	107,525.82	88.61	201.23				107,815.66	13.84
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	51,094.66	110.27	151.13				51,356.07	25.15
[1A3] Transporte	100,355.98	172.76	1,940.05				102,468.79	16.90
[1A4] Otros sectores	29,964.36	2,420.45	317.96				32,702.77	35.40
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	16,433.64	12,392.27					28,825.91	3.45
[1B1] Combustibles sólidos		3,283.07					3,283.07	
[1B2] Petróleo y gas natural	16,433.64	9,109.20					25,542.84	3.45
[2] Procesos industriales y uso de productos	**31,524.73**	**257.79**	**1,300.96**	**647.78**	**69.97**	**49.04**	**33,850.26**	
[2A] Industria de los minerales	13,688.78						13,688.78	
[2A1] Producción de cemento	11,033.25						11,033.25	
[2A2] Producción de cal	2,280.47						2,280.47	
[2A3] Producción de vidrio	375.06						375.06	
[2B] Industria química	6,594.06	257.79	1,300.96	647.78			8,800.59	
[2B1] Producción de amoniaco	4,226.56						4,226.56	
[2B2] Producción de ácido nítrico			1,123.10				1,123.10	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			177.86				177.86	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	115.91						115.91	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,211.57	257.79					2,469.36	
[2B9] Producción fluoroquímica				647.78			647.78	
[2C] Industria de los metales	10,974.06				69.97		11,044.02	
[2C1] Producción de hierro y acero	9,997.09						9,997.09	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	249.30						249.30	
[2C3] Producción de aluminio	16.66				69.97			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	85.46						85.46	
[2C6] Producción de zinc	625.54						625.54	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	267.82						267.82	
[2D1] Uso de lubricantes	212.92						212.92	
[2D2] Uso de la cera de parafina	54.90						54.90	
[2D3] Uso de disolventes								

Tabla 20. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1995							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						49.04	49.04	
[2G1] Equipos eléctricos						49.04	49.04	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,921.97**	**63,780.88**	**31,049.15**				**-53,091.94**	**5.82**
[3A] Ganado		62,303.12	3,225.16				65,528.28	
[3A1] Fermentación entérica		50,731.09					50,731.09	
[3A2] Gestión de estiércol		11,572.03	3,225.16				14,797.18	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	344.25	1,477.76	27,823.99				29,646.00	5.82
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,218.13	469.78				1,687.91	5.82
[3C3] Aplicación de urea	312.40						312.40	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,189.18				21,189.18	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,553.68				5,553.68	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			611.35				611.35	
[3C7] Cultivo de arroz		259.62					259.62	
[3D1] Productos de madera recolectada								

Tabla 20. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1995							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4] Residuos	**526.28**	**17,146.13**	**1,519.00**				**19,191.40**	**1.77**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		2,518.36					2,518.36	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		2,421.13					2,421.13	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		84.53					84.53	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		12.69					12.69	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.78				163.28	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	526.28	1,048.37	228.97				1,803.62	1.77
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	526.13	1,048.37	228.97				1,803.47	1.77
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		13,483.91	1,222.24				14,706.15	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,283.88	1,222.24				5,506.12	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		9,200.02					9,200.02	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**337,769.71**	**96,369.15**	**36,479.48**	**647.78**	**69.97**	**49.04**	**471,385.13**	**102.33**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**189,503.49**	**96,369.15**	**36,479.48**	**647.78**	**69.97**	**49.04**	**323,118.91**	**102.33**
Bunkers	2,026.62	0.39	14.79				2,041.81	
Aviación internacional	2,026.62	0.39	14.79				2,041.81	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	37,379.28						37,379.28	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 21. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1996**

Sector/Categoría/Subcategoría	1996							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**322,358.66**	**16,874.57**	**2,640.58**				**341,873.81**	**94.72**
[1A] Actividades de quema de combustible	296,837.48	2,794.83	2,640.58				302,272.89	88.16
[1A1] Industrias de la energía	110,036.73	89.76	214.02				110,340.52	14.20
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	53,986.49	97.63	136.15				54,220.27	20.12
[1A3] Transporte	101,590.21	176.25	1,970.29				103,736.74	17.92
[1A4] Otros sectores	31,224.05	2,431.19	320.12				33,975.36	35.92

Tabla 21. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1996							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	25,521.17	14,079.74					39,600.92	6.56
[1B1] Combustibles sólidos		4,045.46					4,045.46	
[1B2] Petróleo y gas natural	25,521.17	10,034.29					35,555.46	6.56
[2] Procesos industriales y uso de productos	**33,606.63**	**254.86**	**1,592.75**	**1,632.01**	**412.68**	**57.69**	**37,556.62**	
[2A] Industria de los minerales	15,018.88						15,018.88	
[2A1] Producción de cemento	12,272.38						12,272.38	
[2A2] Producción de cal	2,363.05						2,363.05	
[2A3] Producción de vidrio	383.45						383.45	
[2B] Industria química	6,742.42	254.86	1,592.75	1,632.01			10,222.04	
[2B1] Producción de amoniaco	4,362.02						4,362.02	
[2B2] Producción de ácido nítrico			1,411.44				1,411.44	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			181.31				181.31	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	115.24						115.24	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,225.14	254.86					2,480.00	
[2B9] Producción fluoroquímica				1,632.01			1,632.01	
[2C] Industria de los metales	11,571.53				412.68		11,984.21	
[2C1] Producción de hierro y acero	10,421.62						10,421.62	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	311.60						311.60	
[2C3] Producción de aluminio	98.27				412.68			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	90.39						90.39	
[2C6] Producción de zinc	649.64						649.64	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	273.81						273.81	
[2D1] Uso de lubricantes	214.50						214.50	
[2D2] Uso de la cera de parafina	59.31						59.31	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								

Tabla 21. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1996							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						57.69	57.69	
[2G1] Equipos eléctricos						57.69	57.69	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,920.42**	**61,837.90**	**31,302.40**				**-54,780.11**	**5.63**
[3A] Ganado		60,465.31	3,088.31				63,553.61	
[3A1] Fermentación entérica		49,273.26					49,273.26	
[3A2] Gestión de estiércol		11,192.04	3,088.31				14,280.35	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	345.80	1,372.60	28,214.09				29,932.49	5.63
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,110.40	449.16				1,559.56	5.63
[3C3] Aplicación de urea	313.13						313.13	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,495.50				21,495.50	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,674.68				5,674.68	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			594.75				594.75	
[3C7] Cultivo de arroz		262.20					262.20	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**531.58**	**18,440.42**	**1,556.19**				**20,528.19**	**1.79**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		3,029.71					3,029.71	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		2,869.20					2,869.20	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		141.21					141.21	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		19.30					19.30	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.78				163.28	

Tabla 21. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1996							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	531.58	1,058.95	231.28				1,821.81	1.79
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	531.44	1,058.95	231.28				1,821.67	1.79
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		14,256.26	1,257.13				15,513.39	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,270.57	1,257.13				5,527.70	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		9,985.69					9,985.69	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**356,842.67**	**97,407.76**	**37,091.92**	**1,632.01**	**412.68**	**57.69**	**493,444.73**	**102.14**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**208,576.46**	**97,407.76**	**37,091.92**	**1,632.01**	**412.68**	**57.69**	**345,178.51**	**102.14**
Bunkers	2,225.89	0.43	16.25				2,242.56	
Aviación internacional	2,225.89	0.43	16.25				2,242.56	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	35,675.18						35,675.18	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 22. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1997**

Sector/Categoría/Subcategoría	1997							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**343,202.39**	**17,481.90**	**2,758.62**				**363,442.91**	**102.51**
[1A] Actividades de quema de combustible	309,077.27	2,824.24	2,758.62				314,660.13	93.02
[1A1] Industrias de la energía	118,338.99	97.55	228.15				118,664.69	15.77
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	53,787.52	104.91	146.09				54,038.53	22.43
[1A3] Transporte	105,645.49	181.93	2,062.87				107,890.29	18.90
[1A4] Otros sectores	31,305.26	2,439.85	321.51				34,066.62	35.91
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	34,125.11	14,657.67					48,782.78	9.49
[1B1] Combustibles sólidos		3,701.39					3,701.39	
[1B2] Petróleo y gas natural	34,125.11	10,956.27					45,081.39	9.49
[2] Procesos industriales y uso de productos	**34,513.85**	**247.00**	**1,282.25**	**1,668.59**	**445.86**	**60.26**	**38,217.82**	
[2A] Industria de los minerales	15,751.24						15,751.24	
[2A1] Producción de cemento	12,906.92						12,906.92	
[2A2] Producción de cal	2,456.94						2,456.94	
[2A3] Producción de vidrio	387.38						387.38	

Tabla 22. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1997							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B] Industria química	6,103.32	247.00	1,282.25	1,668.59			9,301.16	
[2B1] Producción de amoniaco	3,716.83						3,716.83	
[2B2] Producción de ácido nítrico			1,090.90				1,090.90	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			191.35				191.35	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	136.80						136.80	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,209.67	247.00					2,456.68	
[2B9] Producción fluoroquímica				1,668.59			1,668.59	
[2C] Industria de los metales	12,426.95				445.86		12,872.81	
[2C1] Producción de hierro y acero	11,256.15						11,256.15	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	335.52						335.52	
[2C3] Producción de aluminio	106.17				445.86			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	76.79						76.79	
[2C6] Producción de zinc	652.31						652.31	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	232.35						232.35	
[2D1] Uso de lubricantes	180.13						180.13	
[2D2] Uso de la cera de parafina	52.22						52.22	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						60.26	60.26	
[2G1] Equipos eléctricos						60.26	60.26	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,908.64**	**62,240.23**	**31,570.94**				**-54,097.47**	**4.17**

Tabla 22. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1997							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3A] Ganado		61,147.86	3,102.50				64,250.36	
[3A1] Fermentación entérica		50,035.68					50,035.68	
[3A2] Gestión de estiércol		11,112.18	3,102.50				14,214.68	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	357.57	1,092.37	28,468.45				29,918.39	4.17
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		742.51	260.47				1,002.98	4.17
[3C3] Aplicación de urea	323.40						323.40	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,878.56				21,878.56	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,726.35				5,726.35	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			603.07				603.07	
[3C7] Cultivo de arroz		349.85					349.85	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**536.96**	**19,790.88**	**1,594.16**				**21,922.00**	**1.81**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		3,522.53					3,522.53	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		3,300.42					3,300.42	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		193.91					193.91	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		28.20					28.20	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.79				163.29	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	536.96	1,069.66	233.62				1,840.24	1.81
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	536.82	1,069.66	233.62				1,840.09	1.81
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,103.20	1,292.75				16,395.95	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,256.17	1,292.75				5,548.92	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		10,847.03					10,847.03	

Tabla 22. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1997							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) GgCO_2e	**378,610.78**	**99,760.01**	**37,205.97**	**1,668.59**	**445.86**	**60.26**	**517,751.47**	**108.49**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) GgCO_2e	**230,404.88**	**99,760.01**	**37,205.97**	**1,668.59**	**445.86**	**60.26**	**369,545.57**	**108.49**
Bunkers	2,517.28	0.49	18.37				2,536.13	
Aviación internacional	2,517.28	0.49	18.37				2,536.13	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	36,591.35						36,591.35	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 23. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1998**

Sector/Categoría/Subcategoría	1998							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**364,373.14**	**18,214.09**	**2,803.47**				**385,390.69**	**105.72**
[1A] Actividades de quema de combustible	327,128.96	2,853.35	2,803.47				332,785.77	95.31
[1A1] Industrias de la energía	131,996.08	110.46	252.67				132,359.20	17.24
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	53,914.16	103.34	144.05				54,161.55	21.89
[1A3] Transporte	108,862.87	187.80	2,083.56				111,134.23	19.52
[1A4] Otros sectores	32,355.85	2,451.75	323.19				35,130.79	36.65
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	37,244.18	15,360.74					52,604.92	10.41
[1B1] Combustibles sólidos		3,674.48					3,674.48	
[1B2] Petróleo y gas natural	37,244.18	11,686.26					48,930.44	10.41
[2] Procesos industriales y uso de productos	**35,280.53**	**240.55**	**1,188.31**	**1,312.20**	**452.55**	**62.22**	**38,536.37**	
[2A] Industria de los minerales	16,220.94						16,220.94	
[2A1] Producción de cemento	13,412.33						13,412.33	
[2A2] Producción de cal	2,408.40						2,408.40	
[2A3] Producción de vidrio	400.22						400.22	
[2B] Industria química	5,504.93	240.55	1,188.31	1,312.20			8,245.99	
[2B1] Producción de amoniaco	3,174.41						3,174.41	
[2B2] Producción de ácido nítrico			992.16				992.16	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			196.15				196.15	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	149.21						149.21	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,141.28	240.55					2,381.83	

Tabla 23. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1998							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B9] Producción fluoroquímica				1,312.20			1,312.20	
[2C] Industria de los metales	13,325.61				452.55		13,778.16	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,081.07						12,081.07	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	359.96						359.96	
[2C3] Producción de aluminio	107.76				452.55			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	96.75						96.75	
[2C6] Producción de zinc	680.07						680.07	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	229.05						229.05	
[2D1] Uso de lubricantes	173.44						173.44	
[2D2] Uso de la cera de parafina	55.61						55.61	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						62.22	62.22	
[2G1] Equipos eléctricos						62.22	62.22	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,815.29**	**63,373.69**	**33,035.56**				**-51,406.04**	**11.53**
[3A] Ganado		60,871.22	3,272.54				64,143.76	
[3A1] Fermentación entérica		50,199.80					50,199.80	
[3A2] Gestión de estiércol		10,671.42	3,272.54				13,943.95	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	

Tabla 23. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1998							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	450.93	2,502.47	29,763.02				32,716.42	11.53
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		2,215.84	964.11				3,179.94	11.53
[3C3] Aplicación de urea	417.27						417.27	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,291.88				22,291.88	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,873.06				5,873.06	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			633.97				633.97	
[3C7] Cultivo de arroz		286.63					286.63	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**542.40**	**20,670.58**	**1,648.98**				**22,861.96**	**1.83**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		4,009.85					4,009.85	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		3,731.41					3,731.41	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		242.60					242.60	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		35.83					35.83	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.79				163.29	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	542.40	1,080.50	235.99				1,858.89	1.83
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	542.26	1,080.50	235.99				1,858.75	1.83
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,484.73	1,345.21				16,829.94	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,236.63	1,345.21				5,581.83	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		11,248.11					11,248.11	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**400,647.00**	**102,498.90**	**38,676.32**	**1,312.20**	**452.55**	**62.22**	**543,649.19**	**119.08**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**252,458.43**	**102,498.90**	**38,676.32**	**1,312.20**	**452.55**	**62.22**	**395,460.62**	**119.08**
Bunkers	2,899.97	0.56	21.17				2,921.69	
Aviación internacional	2,899.97	0.56	21.17				2,921.69	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	36,523.83						36,523.83	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 24. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1999

Sector/Categoría/Subcategoría	1999							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**352,906.18**	**18,306.23**	**2,744.89**				**373,957.30**	**95.83**
[1A] Actividades de quema de combustible	324,146.52	2,865.34	2,744.89				329,756.75	88.30
[1A1] Industrias de la energía	129,885.32	107.50	247.64				130,240.46	17.19
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	53,367.61	82.52	116.68				53,566.81	15.27
[1A3] Transporte	110,279.03	216.43	2,056.46				112,551.92	20.19
[1A4] Otros sectores	30,614.56	2,458.89	324.11				33,397.56	35.65
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	28,759.66	15,440.89					44,200.55	7.53
[1B1] Combustibles sólidos		3,883.49					3,883.49	
[1B2] Petróleo y gas natural	28,759.66	11,557.40					40,317.06	7.53
[2] Procesos industriales y uso de productos	**35,343.68**	**221.24**	**1,020.79**	**1,809.61**	**521.79**	**65.12**	**38,982.23**	
[2A] Industria de los minerales	16,649.54						16,649.54	
[2A1] Producción de cemento	13,901.22						13,901.22	
[2A2] Producción de cal	2,381.41						2,381.41	
[2A3] Producción de vidrio	366.92						366.92	
[2B] Industria química	4,266.03	221.24	1,020.79	1,809.61			7,317.67	
[2B1] Producción de amoniaco	2,126.45						2,126.45	
[2B2] Producción de ácido nítrico			824.49				824.49	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			196.30				196.30	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	154.55						154.55	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,945.00	221.24					2,166.24	
[2B9] Producción fluoroquímica				1,809.61			1,809.61	
[2C] Industria de los metales	14,100.73				521.79		14,622.52	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,915.58						12,915.58	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	371.00						371.00	
[2C3] Producción de aluminio	124.25				521.79			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	65.87						65.87	
[2C6] Producción de zinc	624.04						624.04	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	327.38						327.38	
[2D1] Uso de lubricantes	269.44						269.44	
[2D2] Uso de la cera de parafina	57.94						57.94	
[2D3] Uso de disolventes								

Tabla 24. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1999							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						65.12	65.12	
[2G1] Equipos eléctricos						65.12	65.12	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,790.02**	**60,664.38**	**31,819.44**				**-55,306.20**	**5.19**
[3A] Ganado		59,419.70	3,391.86				62,811.55	
[3A1] Fermentación entérica		48,687.63					48,687.63	
[3A2] Gestión de estiércol		10,732.07	3,391.86				14,123.92	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	476.20	1,244.68	28,427.58				30,148.46	5.19
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,009.48	391.41				1,400.89	5.19
[3C3] Aplicación de urea	442.93						442.93	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,668.62				21,668.62	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,703.46				5,703.46	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			664.09				664.09	
[3C7] Cultivo de arroz		235.21					235.21	
[3D1] Productos de madera recolectada								

Tabla 24. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	1999							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4] Residuos	**547.91**	**20,581.67**	**1,739.83**				**22,869.41**	**1.84**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		4,553.29					4,553.29	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		4,221.83					4,221.83	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		288.25					288.25	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		43.21					43.21	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.79				163.29	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	547.91	1,091.48	238.39				1,877.78	1.84
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	547.77	1,091.48	238.39				1,877.63	1.84
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		14,841.40	1,433.66				16,275.06	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,206.64	1,433.66				5,640.30	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		10,634.76					10,634.76	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**389,273.97**	**99,773.52**	**37,324.95**	**1,809.61**	**521.79**	**65.12**	**528,768.96**	**102.86**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**241,051.96**	**99,773.52**	**37,324.95**	**1,809.61**	**521.79**	**65.12**	**380,546.96**	**102.86**
Bunkers	2,876.22	0.55	20.99				2,897.77	
Aviación internacional	2,876.22	0.55	20.99				2,897.77	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	34,324.90						34,324.90	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 25. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2000**

Sector/Categoría/Subcategoría	2000							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**357,326.67**	**20,128.24**	**2,820.38**				**380,275.29**	**95.84**
[1A] Actividades de quema de combustible	329,142.81	2,898.43	2,820.38				334,861.62	88.55
[1A1] Industrias de la energía	135,132.52	109.05	249.18				135,490.75	17.05
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	47,841.07	77.61	108.79				48,027.46	14.61
[1A3] Transporte	114,832.52	239.86	2,136.72				117,209.09	20.69
[1A4] Otros sectores	31,336.70	2,471.92	325.69				34,134.32	36.21

Tabla 25. (Continuación)

Sector/Categoría/Subcategoría	2000							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	28,183.86	17,229.81					45,413.67	7.29
[1B1] Combustibles sólidos		4,354.13					4,354.13	
[1B2] Petróleo y gas natural	28,183.86	12,875.68					41,059.54	7.29
[2] Procesos industriales y uso de productos	**35,192.25**	**223.05**	**550.65**	**1,304.34**	**568.54**	**69.99**	**37,908.81**	
[2A] Industria de los minerales	17,395.02						17,395.02	
[2A1] Producción de cemento	14,567.02						14,567.02	
[2A2] Producción de cal	2,489.11						2,489.11	
[2A3] Producción de vidrio	338.89						338.89	
[2B] Industria química	3,820.19	223.05	550.65	1,304.34			5,898.23	
[2B1] Producción de amoniaco	1,610.16						1,610.16	
[2B2] Producción de ácido nítrico			352.53				352.53	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			198.12				198.12	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	169.75						169.75	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	2,000.27	223.05					2,223.32	
[2B9] Producción fluoroquímica				1,304.34			1,304.34	
[2C] Industria de los metales	13,744.22				568.54		14,312.77	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,592.75						12,592.75	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	268.74						268.74	
[2C3] Producción de aluminio	135.38				568.54			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	71.75						71.75	
[2C6] Producción de zinc	675.60						675.60	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	232.82						232.82	
[2D1] Uso de lubricantes	193.03						193.03	
[2D2] Uso de la cera de parafina	39.79						39.79	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								

Tabla 25. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2000							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						69.99	69.99	
[2G1] Equipos eléctricos						69.99	69.99	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,791.62**	**61,512.34**	**32,085.24**				**-54,194.03**	**5.07**
[3A] Ganado		60,279.86	3,496.40				63,776.26	
[3A1] Fermentación entérica		49,317.05					49,317.05	
[3A2] Gestión de estiércol		10,962.81	3,496.40				14,459.21	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	474.60	1,232.48	28,588.85				30,295.92	5.07
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		990.75	391.63				1,382.37	5.07
[3C3] Aplicación de urea	440.00						440.00	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,784.30				21,784.30	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,722.70				5,722.70	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			690.22				690.22	
[3C7] Cultivo de arroz		241.73					241.73	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**553.49**	**21,207.83**	**1,755.05**				**23,516.37**	**1.86**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		5,091.46					5,091.46	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		4,707.29					4,707.29	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		334.38					334.38	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		49.79					49.79	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.79				163.29	

Tabla 25. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2000							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	553.49	1,005.57	219.62				1,778.68	1.86
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	0.14						0.14	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	553.35	1,005.57	219.62				1,778.53	1.86
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,015.30	1,467.64				16,482.94	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,180.55	1,467.64				5,648.18	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		10,834.76					10,834.76	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**393,547.01**	**103,071.46**	**37,211.32**	**1,304.34**	**568.54**	**69.99**	**535,772.66**	**102.77**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**245,319.99**	**103,071.46**	**37,211.32**	**1,903.46**	**568.54**	**69.99**	**388,144.75**	**102.77**
Bunkers	2,824.17	0.54	20.61				2,845.33	
Aviación internacional	2,824.17	0.54	20.61				2,845.33	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	29,711.15						29,711.15	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 26. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2001**

Sector/Categoría/Subcategoría	2001							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**353,993.01**	**20,136.53**	**2,808.26**				**376,937.81**	**91.73**
[1A] Actividades de quema de combustible	330,153.16	2,747.52	2,808.26				335,708.94	85.98
[1A1] Industrias de la energía	140,113.18	108.37	258.66				140,480.21	16.53
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	44,828.36	76.55	107.96				45,012.87	14.64
[1A3] Transporte	115,059.21	244.76	2,136.81				117,440.78	20.31
[1A4] Otros sectores	30,152.42	2,317.83	304.83				32,775.08	34.50
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	23,839.85	17,389.01					41,228.87	5.75
[1B1] Combustibles sólidos		3,683.86					3,683.86	
[1B2] Petróleo y gas natural	23,839.85	13,705.16					37,545.01	5.75
[2] Procesos industriales y uso de productos	**31,720.41**	**206.48**	**462.57**	**1,752.85**	**346.04**	**81.30**	**34,569.65**	
[2A] Industria de los minerales	16,908.59						16,908.59	
[2A1] Producción de cemento	14,058.93						14,058.93	
[2A2] Producción de cal	2,532.73						2,532.73	
[2A3] Producción de vidrio	316.93						316.93	

Tabla 26. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2001							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B] Industria química	3,156.61	206.48	462.57	969.40			4,795.07	
[2B1] Producción de amoniaco	1,233.96						1,233.96	
[2B2] Producción de ácido nítrico			298.25				298.25	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			164.32				164.32	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	166.42						166.42	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,716.22	206.48					1,922.70	
[2B9] Producción fluoroquímica				969.40			969.40	
[2C] Industria de los metales	11,450.01				346.04		11,796.06	
[2C1] Producción de hierro y acero	10,377.07						10,377.07	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	182.02						182.02	
[2C3] Producción de aluminio	82.40				346.04			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	70.93						70.93	
[2C6] Producción de zinc	737.58						737.58	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	205.19			783.45			988.64	
[2D1] Uso de lubricantes	168.07			783.45			951.52	
[2D2] Uso de la cera de parafina	37.11						37.11	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono								
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						81.30	81.30	
[2G1] Equipos eléctricos						81.30	81.30	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,787.47**	**61,222.62**	**32,655.92**				**-53,908.93**	**4.42**

Tabla 26. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2001							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3A] Ganado		60,266.93	3,581.89				63,848.81	
[3A1] Fermentación entérica		49,439.03					49,439.03	
[3A2] Gestión de estiércol		10,827.90	3,581.89				14,409.79	
[3B] Tierra	-148,266.22						-148,266.22	
[3B1] Tierras forestales	-138,429.50						-138,429.50	
[3B2] Tierras de cultivo	-1,592.59						-1,592.59	
[3B3] Praderas	-10,072.08						-10,072.08	
[3B4] Humedales	171.63						171.63	
[3B5] Asentamientos	1,606.14						1,606.14	
[3B6] Otras tierras	50.18						50.18	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	478.74	955.70	29,074.03				30,508.47	4.42
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		809.47	285.19				1,094.66	4.42
[3C3] Aplicación de urea	443.67						443.67	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,249.09				22,249.09	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,823.57				5,823.57	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			716.18				716.18	
[3C7] Cultivo de arroz		146.23					146.23	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**539.86**	**22,295.22**	**1,783.80**				**24,618.88**	**1.81**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		5,695.19					5,695.19	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		5,243.96					5,243.96	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		395.28					395.28	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		55.94					55.94	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		95.50	67.79				163.29	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	539.86	976.67	213.46				1,730.00	1.81
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	2.42	0.02	0.15				2.59	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	537.44	976.66	213.31				1,727.41	1.81
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,527.86	1,502.55				17,030.41	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,145.20	1,502.55				5,647.75	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		11,382.65					11,382.65	

Tabla 26. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2001							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) GgCO_2e	**386,732.03**	**103,860.86**	**37,710.56**	**1,752.85**	**346.04**	**81.30**	**530,483.63**	**97.95**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) GgCO_2e	**238,514.35**	**103,860.86**	**37,710.56**	**1,752.85**	**346.04**	**81.30**	**382,265.95**	**97.95**
Bunkers	2,687.57	0.52	19.62				2,707.71	
Aviación internacional	2,687.57	0.52	19.62				2,707.71	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,949.80						27,949.80	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 27. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2002**

Sector/Categoría/Subcategoría	2002							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**371,973.13**	**20,837.38**	**2,934.35**				**395,744.85**	**88.98**
[1A] Actividades de quema de combustible	351,362.26	2,804.09	2,934.35				357,100.70	84.43
[1A1] Industrias de la energía	139,087.40	103.38	250.93				139,441.71	14.87
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	64,470.76	132.71	186.47				64,789.94	14.48
[1A3] Transporte	117,361.62	256.86	2,193.08				119,811.56	20.52
[1A4] Otros sectores	30,442.47	2,311.15	303.87				33,057.49	34.56
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	20,610.87	18,033.29					38,644.15	4.55
[1B1] Combustibles sólidos		3,477.30					3,477.30	
[1B2] Petróleo y gas natural	20,610.87	14,555.99					35,166.86	4.55
[2] Procesos industriales y uso de productos	**32,109.45**	**193.59**	**317.92**	**2,478.49**	**262.05**	**93.73**	**35,455.22**	
[2A] Industria de los minerales	17,478.61						17,478.61	
[2A1] Producción de cemento	14,548.14						14,548.14	
[2A2] Producción de cal	2,600.13						2,600.13	
[2A3] Producción de vidrio	330.33						330.33	
[2B] Industria química	3,066.79	193.59	317.92	1,496.76			5,075.06	
[2B1] Producción de amoniaco	1,186.05						1,186.05	
[2B2] Producción de ácido nítrico			154.51				154.51	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			163.41				163.41	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	170.18						170.18	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,670.54	193.59					1,864.13	

Tabla 27. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2002							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B9] Producción fluoroquímica				1,496.76			1,496.76	
[2C] Industria de los metales	11,352.81				262.05		11,614.86	
[2C1] Producción de hierro y acero	10,298.33						10,298.33	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	152.66						152.66	
[2C3] Producción de aluminio	62.40				262.05			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	72.13						72.13	
[2C6] Producción de zinc	767.30						767.30	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	211.25						211.25	
[2D1] Uso de lubricantes	179.05						179.05	
[2D2] Uso de la cera de parafina	32.20						32.20	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				981.72				
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				981.72				
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						93.73	93.73	
[2G1] Equipos eléctricos						93.73	93.73	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros								
[2H1] Industria de la pulpa y el papel								
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-150,664.99**	**62,725.25**	**30,634.70**				**-57,305.04**	**5.10**
[3A] Ganado		61,594.86	3,647.36				65,242.22	
[3A1] Fermentación entérica		50,620.67					50,620.67	
[3A2] Gestión de estiércol		10,974.18	3,647.36				14,621.54	
[3B] Tierra	-151,111.58						-151,111.58	
[3B1] Tierras forestales	-140,551.87						-140,551.87	
[3B2] Tierras de cultivo	-2,443.43						-2,443.43	
[3B3] Praderas	-10,836.52						-10,836.52	
[3B4] Humedales	1,270.41						1,270.41	
[3B5] Asentamientos	1,240.48						1,240.48	
[3B6] Otras tierras	209.35						209.35	

Tabla 27. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2002							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	446.59	1,130.39	26,987.34				28,564.33	5.10
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		990.02	375.42				1,365.44	5.10
[3C3] Aplicación de urea	410.67						410.67	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			20,650.63				20,650.63	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,232.83				5,232.83	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			728.46				728.46	
[3C7] Cultivo de arroz		140.37					140.37	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**533.44**	**22,888.03**	**1,799.27**				**25,220.73**	**1.76**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		6,273.81					6,273.81	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		5,761.52					5,761.52	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		450.41					450.41	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		61.89					61.89	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		97.96	69.53				167.49	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	533.44	949.66	208.12				1,691.22	1.76
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	522.54	949.58	207.40				1,679.52	1.76
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,566.60	1,521.61				17,088.22	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,108.66	1,521.61				5,630.27	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		11,457.94					11,457.94	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**405,062.61**	**106,644.25**	**35,686.23**	**2,478.49**	**262.05**	**93.73**	**550,227.35**	**95.84**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**253,990.92**	**106,644.25**	**35,686.23**	**2,478.49**	**262.05**	**93.73**	**399,155.67**	**95.84**
Bunkers	2,624.86	0.51	19.16				2,644.52	
Aviación internacional	2,624.86	0.51	19.16				2,644.52	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,647.72						27,647.72	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 28. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2003

Sector/Categoría/Subcategoría	2003							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**369,194.84**	**22,739.12**	**3,005.50**				**394,939.47**	**87.34**
[1A] Actividades de quema de combustible	348,578.61	2,769.82	3,005.50				354,353.94	82.95
[1A1] Industrias de la energía	148,075.31	103.30	268.26				148,446.88	13.17
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	44,674.36	76.43	107.12				44,857.91	13.27
[1A3] Transporte	124,884.01	270.82	2,324.80				127,479.63	21.80
[1A4] Otros sectores	30,944.92	2,319.27	305.32				33,569.52	34.70
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	20,616.23	19,969.30					40,585.53	4.40
[1B1] Combustibles sólidos		4,127.17					4,127.17	
[1B2] Petróleo y gas natural	20,616.23	15,842.12					36,458.36	4.40
[2] Procesos industriales y uso de productos	**33,794.27**	**193.45**	**330.89**	**2,752.46**	**167.98**	**106.38**	**37,345.42**	
[2A] Industria de los minerales	17,622.68						17,622.68	
[2A1] Producción de cemento	14,649.81						14,649.81	
[2A2] Producción de cal	2,609.95						2,609.95	
[2A3] Producción de vidrio	362.92						362.92	
[2B] Industria química	2,847.33	193.45	330.89	1,548.20			4,919.86	
[2B1] Producción de amoniaco	932.63						932.63	
[2B2] Producción de ácido nítrico			143.55				143.55	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			187.34				187.34	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	164.82						164.82	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,709.86	193.45					1,903.31	
[2B9] Producción fluoroquímica				1,548.20			1,548.20	
[2C] Industria de los metales	13,080.77				167.98		13,248.75	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,069.85						12,069.85	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	186.39						186.39	
[2C3] Producción de aluminio	40.00				167.98			
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	72.46						72.46	
[2C6] Producción de zinc	712.06						712.06	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	202.80						202.80	
[2D1] Uso de lubricantes	173.63						173.63	
[2D2] Uso de la cera de parafina	29.16						29.16	
[2D3] Uso de disolventes								

Tabla 28. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2003							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				1,204.26				
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado								
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						106.38	106.38	
[2G1] Equipos eléctricos						106.38	106.38	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	40.70						40.70	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	40.70						40.70	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-150,634.24**	**62,968.93**	**31,059.02**				**-56,606.28**	**6.25**
[3A] Ganado		61,485.10	3,670.18				65,155.28	
[3A1] Fermentación entérica		50,701.33					50,701.33	
[3A2] Gestión de estiércol		10,783.77	3,670.18				14,453.95	
[3B] Tierra	-151,111.58						-151,111.58	
[3B1] Tierras forestales	-140,551.87						-140,551.87	
[3B2] Tierras de cultivo	-2,443.43						-2,443.43	
[3B3] Praderas	-10,836.52						-10,836.52	
[3B4] Humedales	1,270.41						1,270.41	
[3B5] Asentamientos	1,240.48						1,240.48	
[3B6] Otras tierras	209.35						209.35	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	477.34	1,483.83	27,388.85				29,350.02	6.25
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,311.72	488.74				1,800.46	6.25
[3C3] Aplicación de urea	441.47						441.47	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			20,889.69				20,889.69	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,280.56				5,280.56	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			729.86				729.86	
[3C7] Cultivo de arroz		172.11					172.11	
[3D1] Productos de madera recolectada								

Tabla 28. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2003							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4] Residuos	**665.11**	**23,377.59**	**1,793.32**				**25,836.02**	**1.78**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		6,808.98					6,808.98	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		6,238.33					6,238.33	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		503.38					503.38	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		67.27					67.27	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		97.96	69.53				167.49	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	665.11	914.88	200.52				1,780.51	1.78
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	654.21	914.80	199.80				1,768.81	1.78
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,555.77	1,523.26				17,079.03	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,072.65	1,523.26				5,595.91	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		11,483.12					11,483.12	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**404,131.56**	**109,279.09**	**36,188.73**	**2,752.46**	**167.98**	**106.38**	**552,626.21**	**95.38**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**253,019.98**	**109,279.09**	**36,188.73**	**2,752.46**	**167.98**	**106.38**	**401,514.63**	**95.38**
Bunkers	1,647.75	0.32	12.03				1,660.10	
Aviación internacional	1,647.75	0.32	12.03				1,660.10	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,894.46						27,894.46	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 29. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2004**

Sector/Categoría/Subcategoría	2004							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**375,558.63**	**22,802.97**	**3,161.57**				**401,523.17**	**87.09**
[1A] Actividades de quema de combustible	359,124.82	2,790.05	3,161.57				365,076.45	84.18
[1A1] Industrias de la energía	143,618.63	100.07	243.25				143,961.96	12.74
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	51,698.11	89.90	128.30				51,916.31	12.79
[1A3] Transporte	132,310.70	282.04	2,484.12				135,076.86	23.91
[1A4] Otros sectores	31,497.39	2,318.03	305.90				34,121.32	34.73

Tabla 29. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2004							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	16,433.81	20,012.91					36,446.72	2.91
[1B1] Combustibles sólidos		3,592.92					3,592.92	
[1B2] Petróleo y gas natural	16,433.81	16,419.99					32,853.80	2.91
[2] Procesos industriales y uso de productos	**35,663.95**	**195.42**	**330.27**	**3,019.54**		**116.97**	**39,326.16**	
[2A] Industria de los minerales	18,274.48						18,274.48	
[2A1] Producción de cemento	15,345.81						15,345.81	
[2A2] Producción de cal	2,541.02						2,541.02	
[2A3] Producción de vidrio	387.65						387.65	
[2B] Industria química	3,091.94	195.42	330.27	1,548.20			5,165.83	
[2B1] Producción de amoniaco	1,154.12						1,154.12	
[2B2] Producción de ácido nítrico			142.43				142.43	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			187.84				187.84	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	178.22						178.22	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,719.58	195.42					1,915.00	
[2B9] Producción fluoroquímica				1,548.20			1,548.20	
[2C] Industria de los metales	14,043.12						14,043.12	
[2C1] Producción de hierro y acero	13,009.47						13,009.47	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	238.70						238.70	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	61.61						61.61	
[2C6] Producción de zinc	733.34						733.34	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	206.37						206.37	
[2D1] Uso de lubricantes	174.34						174.34	
[2D2] Uso de la cera de parafina	32.03						32.03	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				1,471.34			1,471.34	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				1,471.34			1,471.34	
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								

Tabla 29. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2004							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						116.97	116.97	
[2G1] Equipos eléctricos						116.97	116.97	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	48.03						48.03	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	48.03						48.03	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-150,626.38**	**62,332.79**	**30,956.05**				**-57,337.55**	**4.04**
[3A] Ganado		61,387.78	3,750.27				65,138.05	
[3A1] Fermentación entérica		50,332.99					50,332.99	
[3A2] Gestión de estiércol		11,054.79	3,750.27				14,805.06	
[3B] Tierra	-151,111.58						-151,111.58	
[3B1] Tierras forestales	-140,551.87						-140,551.87	
[3B2] Tierras de cultivo	-2,443.43						-2,443.43	
[3B3] Praderas	-10,836.52						-10,836.52	
[3B4] Humedales	1,270.41						1,270.41	
[3B5] Asentamientos	1,240.48						1,240.48	
[3B6] Otras tierras	209.35						209.35	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	485.19	945.01	27,205.78				28,635.98	4.04
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		765.25	258.42				1,023.66	4.04
[3C3] Aplicación de urea	450.27						450.27	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			20,928.08				20,928.08	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,269.41				5,269.41	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			749.86				749.86	
[3C7] Cultivo de arroz		179.76					179.76	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**647.82**	**23,451.60**	**1,806.09**				**25,905.51**	**1.74**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		7,377.17					7,377.17	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		6,737.25					6,737.25	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		567.31					567.31	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		72.61					72.61	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		97.96	69.53				167.49	

Tabla 29. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2004							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	647.82	891.30	195.38				1,734.50	1.74
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	636.92	891.23	194.65				1,722.80	1.74
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		15,085.16	1,541.18				16,626.34	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,033.68	1,541.18				5,574.86	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		11,051.48					11,051.48	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**412,355.59**	**108,782.77**	**36,253.98**	**3,019.54**		**116.97**	**560,528.86**	**92.87**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**261,244.01**	**108,782.77**	**36,253.98**	**3,019.54**		**116.97**	**409,417.28**	**92.87**
Bunkers	3,190.74	0.62	23.29				3,214.64	
Aviación internacional	3,190.74	0.62	23.29				3,214.64	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,903.93						27,903.93	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 30. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2005**

Sector/Categoría/Subcategoría	2005							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**386,846.75**	**23,093.49**	**3,288.96**				**413,229.20**	**103.93**
[1A] Actividades de quema de combustible	369,147.73	2,793.18	3,288.96				375,229.87	100.59
[1A1] Industrias de la energía	148,022.27	99.01	265.71				148,386.99	12.46
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	54,158.44	102.67	143.41				54,404.52	29.86
[1A3] Transporte	136,451.77	277.50	2,574.75				139,304.03	24.27
[1A4] Otros sectores	30,515.25	2,314.00	305.09				33,134.33	34.00
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	17,699.02	20,300.31					37,999.32	3.34
[1B1] Combustibles sólidos		3,496.37					3,496.37	
[1B2] Petróleo y gas natural	17,699.02	16,803.94					34,502.96	3.34
[2] Procesos industriales y uso de productos	**36,362.92**	**204.17**	**336.07**	**4,423.71**		**123.07**	**41,449.95**	
[2A] Industria de los minerales	19,592.04						19,592.04	
[2A1] Producción de cemento	16,673.75						16,673.75	
[2A2] Producción de cal	2,516.41						2,516.41	
[2A3] Producción de vidrio	401.89						401.89	

Tabla 30. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2005							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B] Industria química	2,950.96	204.17	336.07	2,655.27			6,146.47	
[2B1] Producción de amoniaco	896.48						896.48	
[2B2] Producción de ácido nítrico			149.92				149.92	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			186.15				186.15	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	183.58						183.58	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,830.87	204.17					2,035.05	
[2B9] Producción fluoroquímica				2,655.27			2,655.27	
[2C] Industria de los metales	13,545.19						13,545.19	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,390.42						12,390.42	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	265.64						265.64	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	69.88						69.88	
[2C6] Producción de zinc	819.25						819.25	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	203.14						203.14	
[2D1] Uso de lubricantes	171.06						171.06	
[2D2] Uso de la cera de parafina	32.09						32.09	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				1,768.44				
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				1,768.44				
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						123.07	123.07	
[2G1] Equipos eléctricos						123.07	123.07	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	71.58							
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	71.58							
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-150,626.09**	**62,076.93**	**32,393.62**				**-56,155.54**	**5.38**

Tabla 30. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2005							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3A] Ganado		60,766.27	3,756.30				64,522.57	
[3A1] Fermentación entérica		49,827.95					49,827.95	
[3A2] Gestión de estiércol		10,938.32	3,756.30				14,694.62	
[3B] Tierra	-151,111.58						-151,111.58	
[3B1] Tierras forestales	-140,551.87						-140,551.87	
[3B2] Tierras de cultivo	-2,443.43						-2,443.43	
[3B3] Praderas	-10,836.52						-10,836.52	
[3B4] Humedales	1,270.41						1,270.41	
[3B5] Asentamientos	1,240.48						1,240.48	
[3B6] Otras tierras	209.35						209.35	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	485.49	1,310.65	28,637.32				30,433.47	5.38
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,125.10	436.52				1,561.62	5.38
[3C3] Aplicación de urea	451.00						451.00	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,865.70				21,865.70	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,579.31				5,579.31	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			755.79				755.79	
[3C7] Cultivo de arroz		185.55					185.55	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**629.57**	**26,047.77**	**1,836.66**				**28,514.00**	**1.68**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		8,899.39					8,899.39	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		7,651.65					7,651.65	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		827.42					827.42	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		420.32					420.32	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		97.96	69.53				167.50	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	629.57	869.35	190.58				1,689.50	1.68
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	618.67	869.28	189.86				1,677.80	1.68
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		16,181.07	1,576.54				17,757.61	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		4,144.35	1,576.54				5,720.89	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		12,036.73					12,036.73	

Tabla 30. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2005							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) GgCO_2e	**424,324.73**	**111,422.36**	**37,855.31**	**4,423.71**		**123.07**	**578,149.18**	**111.00**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) GgCO_2e	**273,213.15**	**111,422.36**	**37,855.31**	**4,423.71**		**123.07**	**427,037.60**	**111.00**
Bunkers	3,296.00	0.64	24.06				3,320.70	
Aviación internacional	3,296.00	0.64	24.06				3,320.70	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,704.85						27,704.85	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 31. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2006**

Sector/Categoría/Subcategoría	2006							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**404,852.48**	**23,209.53**	**3,463.29**				**431,525.30**	**103.44**
[1A] Actividades de quema de combustible	383,461.09	2,781.64	3,463.29				389,706.01	98.79
[1A1] Industrias de la energía	146,781.12	93.56	250.09				147,124.77	10.51
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	60,250.61	111.98	156.20				60,518.79	28.72
[1A3] Transporte	144,715.55	272.60	2,750.94				147,739.09	25.80
[1A4] Otros sectores	31,713.80	2,303.50	306.06				34,323.36	33.76
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	21,391.40	20,427.89					41,819.29	4.65
[1B1] Combustibles sólidos		3,237.95					3,237.95	
[1B2] Petróleo y gas natural	21,391.40	17,189.94					38,581.34	4.65
[2] Procesos industriales y uso de productos	**37,459.55**	**213.40**	**363.17**	**6,029.47**		**126.01**	**44,191.60**	
[2A] Industria de los minerales	20,888.31						20,888.31	
[2A1] Producción de cemento	17,817.76						17,817.76	
[2A2] Producción de cal	2,665.62						2,665.62	
[2A3] Producción de vidrio	404.92						404.92	
[2B] Industria química	3,137.11	213.40	363.17	3,783.88			7,497.55	
[2B1] Producción de amoniaco	1,032.63						1,032.63	
[2B2] Producción de ácido nítrico			170.23				170.23	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			192.94				192.94	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	176.48						176.48	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,887.97	213.40					2,101.37	

Tabla 31. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2006							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B9] Producción fluoroquímica				3,783.88			3,783.88	
[2C] Industria de los metales	13,163.42						13,163.42	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,048.63						12,048.63	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	220.05						220.05	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	70.21						70.21	
[2C6] Producción de zinc	824.53						824.53	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	200.65						200.65	
[2D1] Uso de lubricantes	169.66						169.66	
[2D2] Uso de la cera de parafina	30.99						30.99	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				2,245.59			2,245.59	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				2,245.59			2,245.59	
[2F2] Agentes espumantes								
[2F3] Protección contra incendios								
[2F4] Aerosoles								
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						126.01	126.01	
[2G1] Equipos eléctricos						126.01	126.01	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	70.07						70.07	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	70.07						70.07	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-150,679.05**	**62,465.91**	**31,940.55**				**-56,272.60**	**5.32**
[3A] Ganado		61,165.78	3,889.26				65,055.04	
[3A1] Fermentación entérica		49,923.01					49,923.01	
[3A2] Gestión de estiércol		11,242.77	3,889.26				15,132.03	
[3B] Tierra	-151,111.58						-151,111.58	
[3B1] Tierras forestales	-140,551.87						-140,551.87	
[3B2] Tierras de cultivo	-2,443.43						-2,443.43	
[3B3] Praderas	-10,836.52						-10,836.52	
[3B4] Humedales	1,270.41						1,270.41	
[3B5] Asentamientos	1,240.48						1,240.48	
[3B6] Otras tierras	209.35						209.35	

Tabla 31. (Continuación)

Sector/Categoría/Subcategoría	2006							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	432.53	1,300.13	28,051.29				29,783.94	5.32
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,098.29	404.76				1,503.05	5.32
[3C3] Aplicación de urea	396.00						396.00	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,465.73				21,465.73	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,394.87				5,394.87	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			785.93				785.93	
[3C7] Cultivo de arroz		201.84					201.84	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**626.92**	**28,058.64**	**1,854.25**				**30,539.82**	**1.68**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		10,272.88					10,272.88	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		8,504.05					8,504.05	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		1,052.33					1,052.33	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		716.50					716.50	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		97.96	69.53				167.50	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	626.92	865.16	189.67				1,681.75	1.68
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	616.03	865.09	188.94				1,670.05	1.68
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		16,822.64	1,595.05				18,417.69	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,921.02	1,595.05				5,516.06	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		12,901.63					12,901.63	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**443,371.48**	**113,947.48**	**37,621.26**	**6,029.47**		**126.01**	**601,095.70**	**110.43**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**292,259.91**	**113,947.48**	**37,621.26**	**6,029.47**		**126.01**	**449,984.12**	**110.43**
Bunkers	3,307.43	0.64	24.14				3,332.20	
Aviación internacional	3,307.43	0.64	24.14				3,332.20	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,778.90						27,778.90	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 32. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2007

Sector/Categoría/Subcategoría	2007							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**430,251.12**	**23,410.67**	**3,637.06**				**457,298.85**	**113.02**
[1A] Actividades de quema de combustible	397,021.81	2,795.65	3,637.06				403,454.52	104.26
[1A1] Industrias de la energía	149,602.05	94.89	250.80				149,947.74	10.54
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	57,723.00	102.73	144.89				57,970.62	30.63
[1A3] Transporte	155,704.31	299.98	2,934.62				158,938.92	28.40
[1A4] Otros sectores	33,992.44	2,298.06	306.75				36,597.24	34.69
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	33,229.31	20,615.02					53,844.33	8.76
[1B1] Combustibles sólidos		3,543.94					3,543.94	
[1B2] Petróleo y gas natural	33,229.31	17,071.08					50,300.39	8.76
[2] Procesos industriales y uso de productos	**39,563.59**	**184.57**	**355.70**	**7,699.39**		**141.64**	**47,944.90**	
[2A] Industria de los minerales	22,088.40						22,088.40	
[2A1] Producción de cemento	18,972.86						18,972.86	
[2A2] Producción de cal	2,704.39						2,704.39	
[2A3] Producción de vidrio	411.15						411.15	
[2B] Industria química	3,297.28	184.57	355.70	4,281.53			8,119.08	
[2B1] Producción de amoniaco	1,325.81						1,325.81	
[2B2] Producción de ácido nítrico			169.48				169.48	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			186.22				186.22	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	178.73						178.73	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,752.72	184.57					1,937.30	
[2B9] Producción fluoroquímica				4,281.53			4,281.53	
[2C] Industria de los metales	13,953.20						13,953.20	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,854.48						12,854.48	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	249.95						249.95	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	71.31						71.31	
[2C6] Producción de zinc	777.46						777.46	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	204.71						204.71	
[2D1] Uso de lubricantes	171.47						171.47	
[2D2] Uso de la cera de parafina	33.24						33.24	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				3,417.87			3,417.87	

Tabla 32. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2007							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				3,169.08			3,169.08	
[2F2] Agentes espumantes				119.50			119.50	
[2F3] Protección contra incendios				0.06			0.06	
[2F4] Aerosoles				129.23			129.23	
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						141.64	141.64	
[2G1] Equipos eléctricos						141.64	141.64	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	20.00						20.00	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	20.00						20.00	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-146,016.11**	**62,433.73**	**32,845.48**				**-50,736.90**	**4.39**
[3A] Ganado		61,311.53	3,980.33				65,291.85	
[3A1] Fermentación entérica		50,217.28					50,217.28	
[3A2] Gestión de estiércol		11,094.25	3,980.33				15,074.58	
[3B] Tierra	-146,576.59						-146,576.59	
[3B1] Tierras forestales	-136,891.25						-136,891.25	
[3B2] Tierras de cultivo	1,692.31						1,692.31	
[3B3] Praderas	-12,236.04						-12,236.04	
[3B4] Humedales	111.76						111.76	
[3B5] Asentamientos	552.78						552.78	
[3B6] Otras tierras	193.86						193.86	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	560.48	1,122.20	28,865.15				30,547.84	4.39
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		925.27	339.23				1,264.50	4.39
[3C3] Aplicación de urea	523.82						523.82	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,107.10				22,107.10	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,615.57				5,615.57	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			803.25				803.25	
[3C7] Cultivo de arroz		196.93					196.93	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**619.50**	**30,396.02**	**1,881.62**				**32,897.15**	**1.68**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		11,702.49					11,702.49	

Tabla 32. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2007							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		9,469.03					9,469.03	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		1,250.56					1,250.56	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		982.90					982.90	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		109.41	77.66				187.08	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	619.50	860.42	188.63				1,668.55	1.68
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	608.60	860.34	187.90				1,656.85	1.68
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		17,723.71	1,615.33				19,339.04	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,916.50	1,615.33				5,531.83	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		13,807.21					13,807.21	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**470,994.69**	**116,425.00**	**38,719.87**	**7,699.39**		**141.64**	**633,980.59**	**119.09**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**324,418.10**	**116,425.00**	**38,719.87**	**7,699.39**		**141.64**	**487,404.00**	**119.09**
Bunkers	3,474.53	0.67	25.36				3,500.56	
Aviación internacional	3,474.53	0.67	25.36				3,500.56	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,920.18						27,920.18	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 33. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2008**

Sector/Categoría/Subcategoría	2008							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**472,277.46**	**23,617.47**	**3,777.90**				**499,672.83**	**126.19**
[1A] Actividades de quema de combustible	405,137.31	2,809.28	3,777.90				411,724.48	105.66
[1A1] Industrias de la energía	147,845.64	96.01	222.68				148,164.33	10.01
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	57,662.51	111.48	155.37				57,929.36	29.51
[1A3] Transporte	164,795.27	310.35	3,092.38				168,198.00	31.59
[1A4] Otros sectores	34,833.89	2,291.44	307.47				37,432.79	34.55
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	67,140.16	20,808.19					87,948.34	20.53
[1B1] Combustibles sólidos		4,613.73					4,613.73	

Tabla 33. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2008							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1B2] Petróleo y gas natural	67,140.16	16,194.45					83,334.61	20.53
[2] Procesos industriales y uso de productos	**39,936.17**	**198.75**	**264.84**	**8,951.71**		**144.58**	**49,496.04**	
[2A] Industria de los minerales	21,817.57						21,817.57	
[2A1] Producción de cemento	18,638.23						18,638.23	
[2A2] Producción de cal	2,780.14						2,780.14	
[2A3] Producción de vidrio	399.20						399.20	
[2B] Industria química	3,541.59	198.75	264.84	4,242.50			8,247.67	
[2B1] Producción de amoniaco	1,563.90						1,563.90	
[2B2] Producción de ácido nítrico			127.71				127.71	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			137.13				137.13	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	169.80						169.80	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,767.87	198.75					1,966.62	
[2B9] Producción fluoroquímica				4,242.50			4,242.50	
[2C] Industria de los metales	14,354.51						14,354.51	
[2C1] Producción de hierro y acero	13,214.31						13,214.31	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	286.62						286.62	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	73.41						73.41	
[2C6] Producción de zinc	780.17						780.17	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	193.01						193.01	
[2D1] Uso de lubricantes	163.22						163.22	
[2D2] Uso de la cera de parafina	29.79						29.79	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				4,709.21			4,709.21	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				4,183.24			4,183.24	
[2F2] Agentes espumantes				214.03			214.03	
[2F3] Protección contra incendios				0.19			0.19	
[2F4] Aerosoles				311.75			311.75	
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						144.58	144.58	
[2G1] Equipos eléctricos						144.58	144.58	

Tabla 33. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2008							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	29.49						29.49	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	29.49						29.49	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-146,110.29**	**62,579.14**	**31,766.73**				**-51,764.42**	**5.23**
[3A] Ganado		61,340.61	4,060.12				65,400.73	
[3A1] Fermentación entérica		50,570.76					50,570.76	
[3A2] Gestión de estiércol		10,769.85	4,060.12				14,829.97	
[3B] Tierra	-146,576.59						-146,576.59	
[3B1] Tierras forestales	-136,891.25						-136,891.25	
[3B2] Tierras de cultivo	1,692.31						1,692.31	
[3B3] Praderas	-12,236.04						-12,236.04	
[3B4] Humedales	111.76						111.76	
[3B5] Asentamientos	552.78						552.78	
[3B6] Otras tierras	193.86						193.86	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	466.30	1,238.53	27,706.62				29,411.45	5.23
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,093.92	416.86				1,510.78	5.23
[3C3] Aplicación de urea	428.56						428.56	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,145.06				21,145.06	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,327.83				5,327.83	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			816.87				816.87	
[3C7] Cultivo de arroz		144.61					144.61	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**993.73**	**32,548.13**	**1,886.31**				**35,428.17**	**1.61**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		13,057.90					13,057.90	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		10,414.03					10,414.03	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		1,427.43					1,427.43	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		1,216.44					1,216.44	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		110.10	78.15				188.25	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	993.73	863.01	189.20				2,045.93	1.61

Tabla 33. (Continuación)

Sector/Categoría/Subcategoría	2008							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	10.90	0.08	0.73				11.70	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	982.83	862.93	188.47				2,034.23	1.61
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		18,517.13	1,618.96				20,136.09	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,805.30	1,618.96				5,424.26	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		14,711.82					14,711.82	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**513,673.67**	**118,943.48**	**37,695.77**	**8,951.71**		**144.58**	**679,409.21**	**133.03**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**367,097.08**	**118,943.48**	**37,695.77**	**8,951.71**		**144.58**	**532,832.62**	**133.03**
Bunkers	3,635.60	0.70	26.54				3,662.84	
Aviación internacional	3,635.60	0.70	26.54				3,662.84	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,441.82						27,441.82	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 34. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2009

Sector/Categoría/Subcategoría	2009							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**448,825.37**	**25,691.99**	**3,648.02**				**478,165.38**	**114.41**
[1A] Actividades de quema de combustible	394,622.23	2,750.63	3,648.02				401,020.88	98.42
[1A1] Industrias de la energía	153,172.74	94.18	236.44				153,503.36	9.47
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	50,010.48	83.89	115.94				50,210.31	26.59
[1A3] Transporte	157,919.87	296.29	2,991.07				161,207.23	28.45
[1A4] Otros sectores	33,519.14	2,276.26	304.58				36,099.98	33.90
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	54,203.14	22,941.36					77,144.51	16.00
[1B1] Combustibles sólidos		7,496.77					7,496.77	
[1B2] Petróleo y gas natural	54,203.14	15,444.59					69,647.73	16.00
[2] Procesos industriales y uso de productos	**36,250.50**	**209.24**	**294.46**	**9,508.28**		**145.64**	**46,408.14**	
[2A] Industria de los minerales	20,932.91						20,932.91	
[2A1] Producción de cemento	17,862.75						17,862.75	
[2A2] Producción de cal	2,628.68						2,628.68	
[2A3] Producción de vidrio	441.48						441.48	
[2B] Industria química	3,356.79	209.24	294.46	3,850.08			7,710.57	
[2B1] Producción de amoniaco	1,378.60						1,378.60	

Tabla 34. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2009							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B2] Producción de ácido nítrico			130.98				130.98	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			163.48				163.48	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	183.87						183.87	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,754.29	209.24					1,963.54	
[2B9] Producción fluoroquímica				3,850.08			3,850.08	
[2C] Industria de los metales	11,773.90						11,773.90	
[2C1] Producción de hierro y acero	10,682.33						10,682.33	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	174.37						174.37	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	74.80						74.80	
[2C6] Producción de zinc	842.40						842.40	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	157.97						157.97	
[2D1] Uso de lubricantes	134.26						134.26	
[2D2] Uso de la cera de parafina	23.71						23.71	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				5,658.21			5,658.21	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				5,137.17			5,137.17	
[2F2] Agentes espumantes				222.71			222.71	
[2F3] Protección contra incendios				0.51			0.51	
[2F4] Aerosoles				297.83			297.83	
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						145.64	145.64	
[2G1] Equipos eléctricos						145.64	145.64	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	28.93						28.93	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	28.93						28.93	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-146,108.29**	**63,383.37**	**32,251.73**				**-50,473.19**	**5.66**
[3A] Ganado		62,025.66	4,114.88				66,140.54	

Tabla 34. (Continuación)

Sector/Categoría/Subcategoría	2009							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3A1] Fermentación entérica		51,263.79					51,263.79	
[3A2] Gestión de estiércol		10,761.87	4,114.88				14,876.75	
[3B] Tierra	-146,576.59						-146,576.59	
[3B1] Tierras forestales	-136,891.25						-136,891.25	
[3B2] Tierras de cultivo	1,692.31						1,692.31	
[3B3] Praderas	-12,236.04						-12,236.04	
[3B4] Humedales	111.76						111.76	
[3B5] Asentamientos	552.78						552.78	
[3B6] Otras tierras	193.86						193.86	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	468.30	1,357.71	28,136.85				29,962.86	5.66
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,187.24	457.27				1,644.51	5.66
[3C3] Aplicación de urea	432.67						432.67	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,401.97				21,401.97	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,451.40				5,451.40	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			826.21				826.21	
[3C7] Cultivo de arroz		170.47					170.47	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**1,021.25**	**34,840.15**	**1,891.02**				**37,752.41**	**1.60**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		14,380.54					14,380.54	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		11,369.89					11,369.89	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		1,587.12					1,587.12	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		1,423.53					1,423.53	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		111.82	79.37				191.19	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	1,021.25	861.11	188.95				2,071.30	1.60
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	40.60	0.09	0.90				41.60	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	980.65	861.01	188.05				2,029.71	1.60
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		19,486.69	1,622.69				21,109.38	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,785.52	1,622.69				5,408.22	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		15,701.16					15,701.16	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**486,565.42**	**124,124.74**	**38,085.24**	**9,508.28**		**145.64**	**658,429.33**	**121.68**

Tabla 34. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2009							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
Emisiones netas (con [3B] Tierra) GgCO_2e	**339,988.83**	**124,124.74**	**38,085.24**	**9,508.28**		**145.64**	**511,852.74**	**121.68**
Bunkers	3,129.52	0.60	22.84				3,152.97	
Aviación internacional	3,129.52	0.60	22.84				3,152.97	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,334.83						27,334.83	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 35. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2010**

Sector/Categoría/Subcategoría	2010							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**439,237.83**	**27,001.46**	**3,732.59**				**469,971.88**	**109.36**
[1A] Actividades de quema de combustible	404,058.51	2,754.29	3,732.59				410,545.40	99.82
[1A1] Industrias de la energía	155,925.66	94.57	242.80				156,263.03	9.06
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	53,037.89	93.11	127.59				53,258.60	27.27
[1A3] Transporte	160,867.62	300.15	3,058.61				164,226.38	29.34
[1A4] Otros sectores	34,227.33	2,266.46	303.59				36,797.38	34.15
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	35,179.31	24,247.17					59,426.48	9.54
[1B1] Combustibles sólidos		8,980.57					8,980.57	
[1B2] Petróleo y gas natural	35,179.31	15,266.60					50,445.91	9.54
[2] Procesos industriales y uso de productos	**38,741.92**	**209.43**	**691.40**	**10,551.39**		**157.99**	**50,352.12**	
[2A] Industria de los minerales	20,387.63						20,387.63	
[2A1] Producción de cemento	17,045.65						17,045.65	
[2A2] Producción de cal	2,887.99						2,887.99	
[2A3] Producción de vidrio	453.99						453.99	
[2B] Industria química	3,720.40	209.43	691.40	3,817.94			8,439.18	
[2B1] Producción de amoniaco	1,568.54						1,568.54	
[2B2] Producción de ácido nítrico			508.01				508.01	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			183.39				183.39	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	195.92						195.92	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,915.91	209.43					2,125.35	
[2B9] Producción fluoroquímica				3,817.94			3,817.94	

Tabla 35. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2010							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2C] Industria de los metales	14,427.93						14,427.93	
[2C1] Producción de hierro y acero	13,054.07						13,054.07	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	293.58						293.58	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	99.87						99.87	
[2C6] Producción de zinc	980.41						980.41	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	161.79						161.79	
[2D1] Uso de lubricantes	136.11						136.11	
[2D2] Uso de la cera de parafina	25.67						25.67	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				6,733.44			6,733.44	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				6,209.19			6,209.19	
[2F2] Agentes espumantes				236.55			236.55	
[2F3] Protección contra incendios				1.51			1.51	
[2F4] Aerosoles				286.19			286.19	
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						157.99	157.99	
[2G1] Equipos eléctricos						157.99	157.99	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	44.17						44.17	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	44.17						44.17	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-146,042.17**	**63,188.07**	**32,577.34**				**-50,276.76**	**4.26**
[3A] Ganado		62,197.49	4,237.51				66,434.99	
[3A1] Fermentación entérica		51,761.08					51,761.08	
[3A2] Gestión de estiércol		10,436.40	4,237.51				14,673.91	
[3B] Tierra	-146,576.59						-146,576.59	
[3B1] Tierras forestales	-136,891.25						-136,891.25	
[3B2] Tierras de cultivo	1,692.31						1,692.31	
[3B3] Praderas	-12,236.04						-12,236.04	
[3B4] Humedales	111.76						111.76	
[3B5] Asentamientos	552.78						552.78	
[3B6] Otras tierras	193.86						193.86	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	534.42	990.58	28,339.84				29,864.84	4.26

Tabla 35. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2010							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		838.28	293.48				1,131.76	4.26
[3C3] Aplicación de urea	498.67						498.67	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,658.72				21,658.72	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,541.45				5,541.45	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			846.19				846.19	
[3C7] Cultivo de arroz		152.30					152.30	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**1,021.36**	**37,008.81**	**1,918.17**				**39,948.34**	**1.60**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		15,640.21					15,640.21	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		12,288.17					12,288.17	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		1,737.50					1,737.50	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		1,614.53					1,614.53	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		121.88	86.51				208.40	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	1,021.36	859.99	188.79				2,070.14	1.60
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	41.99	0.10	0.99				43.08	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	979.37	859.89	187.81				2,027.07	1.60
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		20,386.72	1,642.87				22,029.59	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,729.03	1,642.87				5,371.90	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		16,657.69					16,657.69	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**479,535.53**	**127,407.76**	**38,919.51**	**10,551.39**		**157.99**	**656,572.17**	**115.22**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**332,958.94**	**127,407.76**	**38,919.51**	**10,551.39**		**157.99**	**509,995.58**	**115.22**
Bunkers	3,330.53	0.64	24.31				3,355.48	
Aviación internacional	3,330.53	0.64	24.31				3,355.48	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,404.19						27,404.19	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 36. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2011

Sector/Categoría/Subcategoría	2011							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**442,759.92**	**29,204.44**	**3,832.13**				**475,796.48**	**106.24**
[1A] Actividades de quema de combustible	418,466.28	2,775.73	3,832.13				425,074.14	100.43
[1A1] Industrias de la energía	159,290.39	96.24	253.69				159,640.32	9.74
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	61,562.24	113.19	156.05				61,831.48	26.40
[1A3] Transporte	164,045.98	311.49	3,120.31				167,477.78	30.62
[1A4] Otros sectores	33,567.67	2,254.81	302.08				36,124.56	33.67
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	24,293.64	26,428.71					50,722.35	5.81
[1B1] Combustibles sólidos		11,362.99					11,362.99	
[1B2] Petróleo y gas natural	24,293.64	15,065.72					39,359.36	5.81
[2] Procesos industriales y uso de productos	**40,179.58**	**216.87**	**702.22**	**11,042.15**		**165.36**	**52,306.18**	
[2A] Industria de los minerales	21,442.49						21,442.49	
[2A1] Producción de cemento	17,770.72						17,770.72	
[2A2] Producción de cal	3,184.35						3,184.35	
[2A3] Producción de vidrio	487.42						487.42	
[2B] Industria química	3,670.12	216.87	702.22	3,574.05			8,163.26	
[2B1] Producción de amoniaco	1,513.50						1,513.50	
[2B2] Producción de ácido nítrico			508.01				508.01	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			194.22				194.22	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	190.01						190.01	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,926.59	216.87					2,143.46	
[2B9] Producción fluoroquímica				3,574.05			3,574.05	
[2C] Industria de los metales	14,878.15						14,878.15	
[2C1] Producción de hierro y acero	13,384.57						13,384.57	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	290.46						290.46	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	116.33						116.33	
[2C6] Producción de zinc	1,086.80						1,086.80	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	143.60						143.60	
[2D1] Uso de lubricantes	120.44						120.44	
[2D2] Uso de la cera de parafina	23.17						23.17	
[2D3] Uso de disolventes								

Tabla 36. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2011							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				7,468.10			7,468.10	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				6,875.14			6,875.14	
[2F2] Agentes espumantes				234.69			234.69	
[2F3] Protección contra incendios				2.69			2.69	
[2F4] Aerosoles				355.57			355.57	
[2F5] Disolventes								
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						165.36	165.36	
[2G1] Equipos eléctricos						165.36	165.36	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	45.21						45.21	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	45.21						45.21	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,805.59**	**65,348.05**	**33,363.03**				**-49,094.51**	**9.91**
[3A] Ganado		62,563.34	4,338.87				66,902.21	
[3A1] Fermentación entérica		51,865.81					51,865.81	
[3A2] Gestión de estiércol		10,697.53	4,338.87				15,036.40	
[3B] Tierra	-148,346.07						-148,346.07	
[3B1] Tierras forestales	-139,970.12						-139,970.12	
[3B2] Tierras de cultivo	-876.01						-876.01	
[3B3] Praderas	-7,836.43						-7,836.43	
[3B4] Humedales	44.57						44.57	
[3B5] Asentamientos	137.57						137.57	
[3B6] Otras tierras	154.36						154.36	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	540.48	2,784.71	29,024.15				32,349.34	9.91
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		2,668.58	1,260.99				3,929.56	9.91
[3C3] Aplicación de urea	498.67						498.67	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			21,385.24				21,385.24	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,503.95				5,503.95	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			873.97				873.97	
[3C7] Cultivo de arroz		116.13					116.13	
[3D1] Productos de madera recolectada								

Tabla 36. (Continuación)

Sector/Categoría/Subcategoría	2011							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4] Residuos	**962.26**	**38,410.77**	**1,916.78**				**41,289.80**	**1.49**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		16,945.89					16,945.89	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		13,252.92					13,252.92	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		1,886.25					1,886.25	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		1,806.72					1,806.72	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		124.83	88.61				213.44	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	962.26	750.06	164.78				1,877.10	1.49
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	48.56	0.10	0.99				49.65	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	913.70	749.96	163.80				1,827.45	1.49
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		20,589.98	1,663.39				22,253.37	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,731.09	1,663.39				5,394.48	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		16,858.89					16,858.89	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**484,442.23**	**133,180.12**	**39,814.15**	**11,042.15**		**165.36**	**668,644.02**	**117.65**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**336,096.17**	**133,180.12**	**39,814.15**	**11,042.15**		**165.36**	**520,297.95**	**117.65**
Bunkers	3,578.55	0.69	26.12				3,605.36	
Aviación internacional	3,578.55	0.69	26.12				3,605.36	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	26,804.07						26,804.07	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 37. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2012

Sector/Categoría/Subcategoría	2012							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**436,445.32**	**27,272.32**	**3,801.55**				**467,519.19**	**106.73**
[1A] Actividades de quema de combustible	421,233.48	2,760.41	3,801.55				427,795.44	104.10
[1A1] Industrias de la energía	166,456.84	103.89	267.41				166,828.14	10.78
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	56,771.31	91.86	125.72				56,988.90	29.52
[1A3] Transporte	164,397.87	320.39	3,107.08				167,825.34	30.47
[1A4] Otros sectores	33,607.46	2,244.26	301.33				36,153.06	33.33
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	15,211.84	24,511.91					39,723.76	2.63
[1B1] Combustibles sólidos		9,543.96					9,543.96	
[1B2] Petróleo y gas natural	15,211.84	14,967.95					30,179.79	2.63
[2] Procesos industriales y uso de productos	**40,900.12**	**216.98**	**687.23**	**10,722.40**		**170.85**	**52,697.57**	
[2A] Industria de los minerales	22,308.57						22,308.57	
[2A1] Producción de cemento	18,411.49						18,411.49	
[2A2] Producción de cal	3,380.66						3,380.66	
[2A3] Producción de vidrio	516.42						516.42	
[2B] Industria química	3,737.95	216.98	687.23	2,381.75			7,023.91	
[2B1] Producción de amoniaco	1,638.75						1,638.75	
[2B2] Producción de ácido nítrico			508.01				508.01	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			179.22				179.22	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	183.77						183.77	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,875.41	216.98					2,092.39	
[2B9] Producción fluoroquímica				2,381.75			2,381.75	
[2C] Industria de los metales	14,655.73						14,655.73	
[2C1] Producción de hierro y acero	13,090.02						13,090.02	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	306.11						306.11	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	123.81						123.81	
[2C6] Producción de zinc	1,135.80						1,135.80	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	148.99						148.99	
[2D1] Uso de lubricantes	125.29						125.29	
[2D2] Uso de la cera de parafina	23.70						23.70	
[2D3] Uso de disolventes								

Tabla 37. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2012							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				8,340.64			8,340.64	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				7,598.56			7,598.56	
[2F2] Agentes espumantes				295.74			295.74	
[2F3] Protección contra incendios				15.37			15.37	
[2F4] Aerosoles				418.87			418.87	
[2F5] Disolventes				12.11			12.11	
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						170.85	170.85	
[2G1] Equipos eléctricos						170.85	170.85	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	48.87						48.87	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	48.87						48.87	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,796.19**	**62,237.99**	**33,612.42**				**-51,945.78**	**6.41**
[3A] Ganado		60,961.94	4,399.81				65,361.75	
[3A1] Fermentación entérica		50,139.49					50,139.49	
[3A2] Gestión de estiércol		10,822.44	4,399.81				15,222.26	
[3B] Tierra	-148,346.07						-148,346.07	
[3B1] Tierras forestales	-139,970.12						-139,970.12	
[3B2] Tierras de cultivo	-876.01						-876.01	
[3B3] Praderas	-7,836.43						-7,836.43	
[3B4] Humedales	44.57						44.57	
[3B5] Asentamientos	137.57						137.57	
[3B6] Otras tierras	154.36						154.36	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	549.88	1,276.05	29,212.60				31,038.54	6.41
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,172.35	493.19				1,665.54	6.41
[3C3] Aplicación de urea	506.00						506.00	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,078.39				22,078.39	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,755.97				5,755.97	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			885.05				885.05	
[3C7] Cultivo de arroz		103.70					103.70	
[3D1] Productos de madera recolectada							0.00	

Tabla 37. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2012							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4] Residuos	**903.09**	**39,424.27**	**1,999.59**				**42,326.95**	**1.40**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		18,241.54					18,241.54	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		14,212.03					14,212.03	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		2,037.19					2,037.19	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		1,992.32					1,992.32	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		116.65	82.80				199.46	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	903.09	750.07	164.81				1,817.96	1.40
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	48.92	0.11	1.01				50.04	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	854.17	749.96	163.80				1,767.92	1.40
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales	0.00	20,316.01	1,751.98				22,067.99	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,626.69	1,751.98				5,378.67	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		16,689.32					16,689.32	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**478,798.42**	**129,151.56**	**40,100.78**	**10,722.40**		**170.85**	**658,944.00**	**114.54**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**330,452.35**	**129,151.56**	**40,100.78**	**10,722.40**		**170.85**	**510,597.93**	**114.54**
Bunkers	3,753.43	0.72	27.40				3,781.55	
Aviación internacional	3,753.43	0.72	27.40				3,781.55	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	27,344.98						27,344.98	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 38. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2013**

Sector/Categoría/Subcategoría	2013							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**443,161.72**	**26,844.69**	**3,756.55**				**473,762.96**	**111.79**
[1A] Actividades de quema de combustible	426,269.31	2,773.39	3,756.55				432,799.25	108.61
[1A1] Industrias de la energía	171,330.80	103.30	253.12				171,687.23	9.67
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	60,770.21	116.06	156.68				61,042.94	36.45
[1A3] Transporte	161,390.75	322.30	3,046.84				164,759.90	29.94
[1A4] Otros sectores	32,777.55	2,231.72	299.92				35,309.19	32.56

Tabla 38. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2013							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	16,892.41	24,071.30					40,963.71	3.18
[1B1] Combustibles sólidos		9,186.93					9,186.93	
[1B2] Petróleo y gas natural	16,892.41	14,884.37					31,776.78	3.18
[2] Procesos industriales y uso de productos	**40,216.20**	**202.46**	**675.21**	**11,528.03**		**191.69**	**52,813.59**	
[2A] Industria de los minerales	21,105.11						21,105.11	
[2A1] Producción de cemento	17,437.03						17,437.03	
[2A2] Producción de cal	3,196.83						3,196.83	
[2A3] Producción de vidrio	471.25						471.25	
[2B] Industria química	3,453.94	202.46	675.21	2,232.29			6,563.90	
[2B1] Producción de amoniaco	1,608.12						1,608.12	
[2B2] Producción de ácido nítrico			508.01				508.01	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			167.21				167.21	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	186.94						186.94	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,618.86	202.46					1,821.32	
[2B9] Producción fluoroquímica				2,232.29			2,232.29	
[2C] Industria de los metales	15,444.48						15,444.48	
[2C1] Producción de hierro y acero	13,907.68						13,907.68	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	299.87						299.87	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	131.75						131.75	
[2C6] Producción de zinc	1,105.17						1,105.17	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	163.16						163.16	
[2D1] Uso de lubricantes	141.05						141.05	
[2D2] Uso de la cera de parafina	22.12						22.12	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				9,295.75			9,295.75	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				8,326.44			8,326.44	
[2F2] Agentes espumantes				360.92			360.92	
[2F3] Protección contra incendios				38.01			38.01	
[2F4] Aerosoles				539.65			539.65	
[2F5] Disolventes				30.73			30.73	
[2F6] Otras aplicaciones								

Tabla 38. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2013							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						191.69	191.69	
[2G1] Equipos eléctricos						191.69	191.69	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	49.50						49.50	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	49.50						49.50	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,827.88**	**63,701.59**	**34,194.79**				**-49,931.49**	**7.24**
[3A] Ganado		62,278.56	4,381.90				66,660.46	
[3A1] Fermentación entérica		51,139.95					51,139.95	
[3A2] Gestión de estiércol		11,138.61	4,381.90				15,520.51	
[3B] Tierra	-148,346.07						-148,346.07	
[3B1] Tierras forestales	-139,970.12						-139,970.12	
[3B2] Tierras de cultivo	-876.01						-876.01	
[3B3] Praderas	-7,836.43						-7,836.43	
[3B4] Humedales	44.57						44.57	
[3B5] Asentamientos	137.57						137.57	
[3B6] Otras tierras	154.36						154.36	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	518.19	1,423.04	29,812.89				31,754.12	7.24
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		1,300.96	522.44				1,823.39	7.24
[3C3] Aplicación de urea	479.60						479.60	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,559.35				22,559.35	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,843.04				5,843.04	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			888.06				888.06	
[3C7] Cultivo de arroz		122.08					122.08	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**849.08**	**40,682.81**	**2,021.03**				**43,552.92**	**1.31**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		19,540.02					19,540.02	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		15,193.22					15,193.22	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		2,186.65					2,186.65	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		2,160.14					2,160.14	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		116.69	82.83				199.51	

Tabla 38. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2013							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	849.08	702.64	154.45				1,706.16	1.31
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	48.92	0.11	1.01				50.04	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	800.15	702.53	153.44				1,656.12	1.31
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales		20,323.47	1,783.76				22,107.23	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,612.54	1,783.76				5,396.30	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		16,710.93					16,710.93	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**484,745.18**	**131,431.55**	**40,647.60**	**11,528.03**		**191.69**	**668,544.05**	**120.34**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**336,399.11**	**131,431.55**	**40,647.60**	**11,528.03**		**191.69**	**520,197.98**	**120.34**
Bunkers	3,956.68	0.76	28.88				3,986.33	
Aviación internacional	3,956.68	0.76	28.88				3,986.33	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	26,794.60						26,794.60	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 39. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2014**

Sector/Categoría/Subcategoría	2014							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**440,146.19**	**26,791.26**	**3,677.58**				**470,615.02**	**106.61**
[1A] Actividades de quema de combustible	415,369.04	2,724.01	3,677.58				421,770.63	102.01
[1A1] Industrias de la energía	163,468.12	93.12	241.56				163,802.81	7.37
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	58,516.80	88.79	120.65				58,726.24	32.63
[1A3] Transporte	160,066.69	319.77	3,016.28				163,402.74	29.61
[1A4] Otros sectores	33,317.43	2,222.33	299.08				35,838.84	32.40
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	24,777.15	24,067.24					48,844.39	4.60
[1B1] Combustibles sólidos		9,340.60					9,340.60	
[1B2] Petróleo y gas natural	24,777.15	14,726.64					39,503.79	4.60
[2] Procesos industriales y uso de productos	**41,379.13**	**194.83**	**666.57**	**13,029.86**		**254.52**	**55,524.91**	
[2A] Industria de los minerales	21,835.13						21,835.13	
[2A1] Producción de cemento	18,259.33						18,259.33	
[2A2] Producción de cal	3,103.33						3,103.33	
[2A3] Producción de vidrio	472.48						472.48	

Tabla 39. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2014							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B] Industria química	3,419.71	194.83	666.57	2,787.79			7,068.91	
[2B1] Producción de amoniaco	1,516.60						1,516.60	
[2B2] Producción de ácido nítrico			508.01				508.01	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			158.57				158.57	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	201.00						201.00	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,662.09	194.83					1,856.92	
[2B9] Producción fluoroquímica				2,787.79			2,787.79	
[2C] Industria de los metales	15,928.32						15,928.32	
[2C1] Producción de hierro y acero	14,344.53						14,344.53	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	318.55						318.55	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	130.24						130.24	
[2C6] Producción de zinc	1,134.99						1,134.99	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	144.26						144.26	
[2D1] Uso de lubricantes	124.94						124.94	
[2D2] Uso de la cera de parafina	19.32						19.32	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				10,242.07			10,242.07	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				9,130.84			9,130.84	
[2F2] Agentes espumantes				377.06			377.06	
[2F3] Protección contra incendios				45.02			45.02	
[2F4] Aerosoles				670.03			670.03	
[2F5] Disolventes				19.11			19.11	
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						254.52	254.52	
[2G1] Equipos eléctricos						254.52	254.52	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	51.71						51.71	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	51.71						51.71	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,795.15**	**64,074.83**	**34,813.55**				**-48,906.76**	**5.30**

Tabla 39. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2014							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3A] Ganado		63,012.14	4,380.39				67,392.54	
[3A1] Fermentación entérica		52,082.12					52,082.12	
[3A2] Gestión de estiércol		10,930.02	4,380.39				15,310.42	
[3B] Tierra	-148,346.07						-148,346.07	
[3B1] Tierras forestales	-139,970.12						-139,970.12	
[3B2] Tierras de cultivo	-876.01						-876.01	
[3B3] Praderas	-7,836.43						-7,836.43	
[3B4] Humedales	44.57						44.57	
[3B5] Asentamientos	137.57						137.57	
[3B6] Otras tierras	154.36						154.36	
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	550.92	1,062.69	30,433.16				32,046.77	5.30
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		908.28	334.61				1,242.89	5.30
[3C3] Aplicación de urea	513.33						513.33	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			23,187.41				23,187.41	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			6,018.93				6,018.93	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			892.20				892.20	
[3C7] Cultivo de arroz		154.41					154.41	
[3D1] Productos de madera recolectada							0.00	
[4] Residuos	**800.37**	**41,564.41**	**2,070.44**				**44,435.22**	**1.23**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		20,779.81					20,779.81	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		16,137.38					16,137.38	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		2,326.93					2,326.93	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		2,315.50					2,315.50	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		116.66	82.81				199.46	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	800.37	659.56	145.05				1,604.99	1.23
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	49.28	0.11	1.02				50.41	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	751.09	659.46	144.03				1,554.58	1.23
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales	0.00	20,008.38	1,842.58				21,850.96	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,558.22	1,842.58				5,400.80	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		16,450.16					16,450.16	

Tabla 39. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2014							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) GgCO_2e	**482,876.61**	**132,625.33**	**41,228.15**	**13,029.86**		**254.52**	**670,014.46**	**113.14**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) GgCO_2e	**334,530.55**	**132,625.33**	**41,228.15**	**13,029.86**		**254.52**	**521,668.39**	**113.14**
Bunkers	4,192.59	0.81	30.60				4,223.99	
Aviación internacional	4,192.59	0.81	30.60				4,223.99	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	26,805.07						26,805.07	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Tabla 40. **Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2015**

Sector/Categoría/Subcategoría	2015							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[1] Energía	**445,398.37**	**31,644.83**	**3,835.63**				**480,878.83**	**106.65**
[1A] Actividades de quema de combustible	429,894.04	2,730.29	3,835.63				436,459.96	102.60
[1A1] Industrias de la energía	164,307.95	91.46	237.41				164,636.82	6.79
[1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción	63,269.69	92.67	127.84				63,490.20	31.67
[1A3] Transporte	167,855.82	329.54	3,169.48				171,354.84	31.97
[1A4] Otros sectores	34,460.59	2,216.63	300.90				36,978.11	32.16
[1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	15,504.33	28,914.54					44,418.87	4.05
[1B1] Combustibles sólidos		7,786.77					7,786.77	
[1B2] Petróleo y gas natural	15,504.33	21,127.77					36,632.10	4.05
[2] Procesos industriales y uso de productos	**40,447.09**	**181.78**	**670.90**	**12,616.74**		**195.25**	**54,111.76**	
[2A] Industria de los minerales	22,767.27						22,767.27	
[2A1] Producción de cemento	19,159.98						19,159.98	
[2A2] Producción de cal	3,086.55						3,086.55	
[2A3] Producción de vidrio	520.74						520.74	
[2B] Industria química	2,831.10	181.78	670.90	1,437.73			5,121.51	
[2B1] Producción de amoniaco	1,004.21						1,004.21	
[2B2] Producción de ácido nítrico			508.01				508.01	
[2B3] Producción de ácido adípico								
[2B4] Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico			162.89				162.89	
[2B5] Producción de carburo								
[2B6] Producción de dióxido de titanio	207.80						207.80	
[2B7] Producción de ceniza de sosa	40.02						40.02	
[2B8] Producción petroquímica y negro de humo	1,579.06	181.78					1,760.85	

Tabla 40. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2015							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[2B9] Producción fluoroquímica				1,437.73			1,437.73	
[2C] Industria de los metales	14,696.50						14,696.50	
[2C1] Producción de hierro y acero	12,922.69						12,922.69	
[2C2] Producción de ferroaleaciones	283.40						283.40	
[2C3] Producción de aluminio								
[2C4] Producción de magnesio								
[2C5] Producción de plomo	137.16						137.16	
[2C6] Producción de zinc	1,353.25						1,353.25	
[2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	94.30						94.30	
[2D1] Uso de lubricantes	77.56						77.56	
[2D2] Uso de la cera de parafina	16.74						16.74	
[2D3] Uso de disolventes								
[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono				11,179.01			11,179.01	
[2F1] Refrigeración y aire acondicionado				9,888.63			9,888.63	
[2F2] Agentes espumantes				420.55			420.55	
[2F3] Protección contra incendios				79.63			79.63	
[2F4] Aerosoles				781.86			781.86	
[2F5] Disolventes				8.33			8.33	
[2F6] Otras aplicaciones								
[2G] Manufactura y utilización de otros productos						195.25	195.25	
[2G1] Equipos eléctricos						195.25	195.25	
[2G2] SF_6 y PFC de otros usos de productos								
[2G3] N_2O de usos de productos								
[2H] Otros	57.93						57.93	
[2H1] Industria de la pulpa y el papel	57.93						57.93	
[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas								
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	**-147,898.94**	**67,156.27**	**34,456.10**				**-46,286.57**	**4.44**
[3A] Ganado		66,131.52	4,436.08				70,567.60	
[3A1] Fermentación entérica		53,442.72					53,442.72	
[3A2] Gestión de estiércol		12,688.80	4,436.08				17,124.88	
[3B] Tierra	-148,346.07						-148,346.07	
[3B1] Tierras forestales	-139,970.12						-139,970.12	
[3B2] Tierras de cultivo	-876.01						-876.01	
[3B3] Praderas	-7,836.43						-7,836.43	
[3B4] Humedales	44.57						44.57	
[3B5] Asentamientos	137.57						137.57	
[3B6] Otras tierras	154.36						154.36	

Tabla 40. **(Continuación)**

Sector/Categoría/Subcategoría	2015							
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	Emisiones netas	Carbono negro Gg
	Gg de CO_2e							
[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO_2 de la tierra	447.13	1,024.76	30,020.02				31,491.90	4.44
[3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa		859.99	291.50				1,151.49	4.44
[3C3] Aplicación de urea	409.71						409.71	
[3C4] Emisiones directas de los N_2O de los suelos gestionados			22,992.89				22,992.89	
[3C5] Emisiones indirectas de los N_2O de los suelos gestionados			5,821.98				5,821.98	
[3C6] Emisiones indirectas de los N_2O de la gestión de estiércol			913.66				913.66	
[3C7] Cultivo de arroz		164.76					164.76	
[3D1] Productos de madera recolectada								
[4] Residuos	**730.23**	**43,093.22**	**2,085.57**				**45,909.01**	**1.16**
[4A] Eliminación de residuos sólidos		21,920.61					21,920.61	
[4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)		17,007.47					17,007.47	
[4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos		2,456.29					2,456.29	
[4A3] Tiraderos a cielo abierto para eliminación de residuos		2,456.85					2,456.85	
[4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos		116.69	82.83				199.51	
[4C] Incineración y quema de residuos a cielo abierto	730.23	620.42	136.51				1,487.15	1.16
[4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos	23.72	0.11	1.03				24.85	
[4C2] Quema de residuos sólidos a cielo abierto	706.51	620.31	135.48				1,462.30	1.16
[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales	0.00	20,435.51	1,866.23				22,301.74	
[4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		3,726.20	1,866.23				5,592.44	
[4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		16,709.30					16,709.30	
Emisiones totales (sin [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**487,022.81**	**142,076.11**	**41,048.19**	**12,616.74**	**0.00**	**195.25**	**682,959.10**	**112.24**
Emisiones netas (con [3B] Tierra) $GgCO_2e$	**338,676.75**	**142,076.11**	**41,048.19**	**12,616.74**		**195.25**	**534,613.03**	**112.24**
Bunkers	4,856.19	0.94	35.45				4,892.57	
Aviación internacional	4,856.19	0.94	35.45				4,892.57	
Marítimo internacional								
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	26,524.32						26,524.32	

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO_2 por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas en el total del Inventario.

Compuestos, unidades y prefijos

Tabla 1. **Compuestos**

H_2CO_3	Ácido carbónico
C	Carbono
HCFC-22	Clorodifluorometano
CFC	Clorofluorocarbonos
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
HFC-43-10mee	Decafluoropentano
HFC-152a	Difluoroetano
HFC-22	Difluorometano
SO_2	Dióxido de azufre
CO_2	Dióxido de carbono
CO_2e	Dióxido de carbono equivalente
TIO_2	Dióxido de titanio
HFC-227ea	Heptafluoropropano
SF_6	Hexafluoruro de azufre
HFC	Hidrofluorocarbonos
$PM_{2.5}$	Material particulado menor que a 2.5 micras
CH_4	Metano
CO	Monóxido de carbono
N_2O	Óxido nitroso
NOX	Óxidos de nitrógeno
O_3	Ozono
HFC-125	Pentafluoroetano
HFC-245ca	Pentafluoropropano
PFC	Perfluorocarbono
C_2F_6	Perfluoretano
PFC	Perfluorocarbonos
PU	Poliuretano
XPS	Poliuretano extruido
$PMFO_3$	Potencial Máximo de Formación de Ozono
HFC-134a	Tetrafluoroetano
CF_4	Tetrafluorometano
HFC-143a	Trifluoroetano
HFC-23	Trifluorometano

Tabla 2. Unidades

bpe	Barril de petróleo equivalente
Gg	Gigagramo= 10^9 gramos
Gg de CO_2e	Gigagramos de dióxido de carbono equivalente
GWh	Gigawatt hora
°C	Grado Celsius o centigrado
g	Gramo
hab.	Habitante
hab./km²	Habitante por kilómetro cuadrado
ha	Hectárea= 10^4 m²
hm³	hectómetro cúbico
h	Hora
J	Joule
kg	Kilogramo
kg/hab./día	Kilogramo por habitante por día
kJ	Kilojoules
km	Kilómetro
km²	Kilómetro cuadrado
km/h	Kilómetro por hora
kWh	Kilowatt hora
kWh/habitante	Kilowatt hora por habitante
l	Litro
$MgCO_2$e/ha	Mega gramo de dióxido de carbono equivalente por hectárea
$Mgha^{-1}$	Mega gramo por hectárea
$MgCO_2$	Mega gramos de dióxido de carbono
$MgCO_2$e	Mega gramos de dióxido de carbono equivalente
MgC/ha	Megagramo de carbono por hectárea
Mg	Megagramo= 10^6 g
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/hab./año	Metro cúbico por habitante por año
m³/s	Metro cúbico por segundo
m³-r	Metro cúbico rollo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mb	Miles de barriles
mbp	Miles de barriles de petróleo
mbpce	Miles de barriles de petróleo crudo equivalente
mmmpc	Miles de millones de pies cúbicos
mm	milímetros
NM	Millas Náuticas
$MtCO_2$e	Millón de toneladas de dióxido de carbono equivalente
mmbpce	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente
mbpce	Millones de Barriles de Petróleo Crudo Equivalente
mdbd	Millones de barriles diarios
mmd	Millones de dólares
mdp	Millones de pesos
Mt	Millones de toneladas
PJ	Petajoules
PCG	Potencial de calentamiento
"	segundos
ton, t	Tonelada (1000 ton= 1 Gg)
ton/día	toneladas al día
ton CO_2/hab.	Toneladas de CO_2 por habitantes
ton CO_2/PIB	Toneladas de CO_2 por producto interno bruto
Ton de CO_2e	Toneladas de dióxido de carbono equivalente
W	Watt
Wh	Watt hora
W/m²	Watt por metro cuadrado

Tabla 3. Prefijos

k	kilo= 10^3
M	Mega= 10^6
G	Giga= 10^9
T	Tera= 10^{12}
P	Peta= 10^{15}
E	Exa= 10^{18}

Índice de figuras, tablas y cuadros

1 Circunstancias nacionales y arreglos institucionales 27
Figura 1.1. Ubicación de México (latitudes) 30
Figura 1.2. Contribución de las islas remotas a la zona económica exclusiva de México 31
Figura 1.4. Distribución de grupos de climas en México 32
Figura 1.3. Orografía de México 32
Figura 1.5. Precipitación anual en México, 2000-2016 33
Figura 1.6. Ciclones tropicales que han impactado México, 1970-2017 34
Figura 1.7. Área afectada con sequía en México, septiembre 2018 35
Figura 1.8. Número de incendios y superficie afectada, 1998-2018 36
Figura 1.9. Proyecciones de agua renovable per cápita en México, 2005-2030 37
Figura 1.10. Localización de los ecosistemas en México 38
Figura 1.11. Ecorregiones áridas y semiáridas de México 40
Tabla 1.1. Áreas naturales protegidas decretadas entre los años 2012 y 2018 41
Figura 1.12. Áreas naturales protegidas de México, 2018 42
FIgura 1.13. Población y tasa de crecimiento en México, 1990-2016 43
FIgura 1.14. Población según grupos quinquenales de edad y sexo, 2000-2017 y 2017-2030 44
Figura 1.15. Evolución de la población urbana y rural, 1900-2015 45
Figura 1.16. Densidad poblacional por entidad federativa, 2015 45
Figura 1.17. Saldo de la balanza comercial de México, 1991-2016 48
Figura 1.18. Costos por agotamiento y degradación ambiental como aporte del PIB, 2003-2016 49
FIgura 1.19. Producción de energía primaria, 2012-2016 52
Figura 1.20. Consumo final de energía por sector, 2012-2016 54
Figura 1.21. Evolución del consumo de electricidad por sector, 2002-2016 54
Figura 1.22. Principales puertos de México según actividad, vocación y capacidad de carga 57

Figura 1.23. Aporte en el pib de las principales industrias del sector secundario en México, 1993-2016 58
Figura 1.24. Consumo final de energía del sector industrial, 1990-2015 58
Figura 1.25. Producción de los cultivos básicos estratégicos de México, 2008-2016 59
Tabla 1.2. Superficie forestal por ecosistemas 1993-2011 60
Figura 1.26. Ingresos por turismo en México, 2012-2016 61
Figura 1.27. Disposición final y reciclaje de rsu por tipo de tiradero, 1995-2013 63
Figura 1.28. Evolución de las políticas públicas en materia de cambio climático 66
Tabla 1.3. Instrumentos de política de cambio climático en los tres órdenes de gobierno 67
Figura 1.29. Estructura del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC) 68
Figura 1.30. Estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático 69
Figura 1.31. Mapa estructural de la Estrategia Nacional de Cambio Climático 70
Figura 1.32. Alineación del PECC 2014-2018 a las metas nacionales 72
Figura 1.33. Políticas e instrumentos de cambio climático en las entidades federativas, 2018 75
Figura 1.34. Participación y alianzas internacionales de México en materia de cambio climático, 2012-2018 78
Figura 1.35. Interacción entre la Coordinación de Evaluación, el INECC y el SINACC 83
Tabla 1.4. Ejes fundamentales de la PNCC 87
Figura 1.36 Recursos para acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, 2013-2017 88
Tabla 1.5. Entidades y municipios evaluados en materia de mitigación y adaptación, 2018 91

2 Emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero 97
Tabla 2.1. Mejoras de la actualización del INEGYCEI con respecto al último inventario presentado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático 100
Figura 2.1. Comunicaciones Nacionales y primer IBA que México ha presentado a la CMNUCC 103
Figura 2.2. Evolución de los inventarios nacionales de México presentados a la CMNUCC, 1997-2018 104
Tabla 2.2. Comparación de los inventarios nacionales de México presentados ante la CMNUCC, 1997-2015 104
Tabla 2.3. Instituciones proveedoras de información y datos de actividad para el INEGYCEI 106
Figura 2.3. Arreglos institucionales para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en México 107
Figura 2.4. Emisiones y contribución de gases de efecto invernadero por sector, 2015 (Sin categoría [3B] Tierra) 108
Tabla 2.4. Emisiones de GEI por sector, 2015 108
Tabla 2.5. Emisiones de GEI, 2015 108
Figura 2.5. Emisiones y contribución de gases de efecto invernadero, 2015, por tipo de gas (sin las absorciones de la categoría [3B] Tierra) 109
Figura 2.6. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 2015 110
Figura 2.7. Emisiones netas de gases de efecto invernadero por categoría, 2015 112
Figura 2.8. Emisiones netas de gases de efecto invernadero por tipo de gas, 2015 112
Tabla 2.6. Fuentes clave de las emisiones de GEI, derivadas del Método 1, 2015 114
Figura 2.9. Fuentes clave de las emisiones 2015 de GEI al 95% acumulado 116
Tabla 2.7. Fuentes principales del INEGYCEI 117

Figura 2.10. Tendencias de GEI por sector, 1990-2015 119
Tabla 2.8. Tendencias de emisiones y absorciones de GEI por sector, 1990-2015 120
Tabla 2.9. Comparación de las emisiones de GEI 121
Figura 2.11. Tendencias de GEI por tipo de gas, 1990-2015 122
Tabla 2.10. Emisiones y absorciones de GEI por tipo de gas, 1990-2015 122
Tabla 2.11. Emisiones por tipo de gas en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 123
Tabla 2.12. Emisiones per cápita de CO_2 e intensidad de carbono por la quema de combustible, 1993-2015 124
Figura 2.12. Emisiones per cápita de CO_2 e intensidad de carbono por la quema de combustible, 1993-2015 125
Tabla 2.13. Clasificación de las categorías y subcategorías de Energía, definidas por el IPCC 2006 127
Figura 2.13. Emisiones de GEI por subcategoría del sector [1] Energía 1990-2015 128
Tabla 2.14. Emisiones de GEI por subcategoría del sector [1] Energía, 1990-2015 128
Figura 2.14. Emisiones de GEI de [1] Energía por categoría, 2015 129
Figura 2.15. Emisiones de GEI por tipo de combustible para [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor, 1990 a 2015 130
Tabla 2.15. Emisiones en [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor, por tipo de combustible, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 130
Figura 2.16 Emisiones de GEI por quema de combustibles en la fuente [1A1b] Refinación del petróleo, 1990-2015 131
Tabla 2.16. Emisiones por tipo de combustible en [1A1b] Refinación de petróleo, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 131
Tabla 2.17. Emisiones por la [1A1c] Industrias de la manufactura y la construcción en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 132
Figura 2.17. Emisiones de GEI por [1A3] Transporte, 1990-2015 132
Figura 2.18. Consumo energético y emisiones de GEI por [1A3] Transporte 133
Tabla 2.18. Emisiones por [1A3] Transporte, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 133
Figura 2.19. Emisiones de GEI por [1A3b] Autotransporte, 1990-2015 134
Tabla 2.19. Emisiones en las actividades comercial, residencial y agropecuaria en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 135
Figura 2.20. Emisiones de GEI por la combustión de fósiles en las actividades comercial, residencial y agropecuaria, 1990-2015 135
Tabla 2.20. [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 137
Figura 2.21. Emisiones de GEI por [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles, 1990-2015 136
Tabla 2.21. Categorías y subcategorías de Procesos industriales y uso de productos 138
Figura 2.22. Emisiones del sector [2] Procesos industriales y uso de productos, por categoría 139
Tabla 2.22. Emisiones en [2] Procesos industriales y uso de productos en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 140
Figura 2.23. Emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) 141
Figura 2.24. Emisiones de [2] IPPU por categorías y su incertidumbre, 2015 142
Tabla 2.23. Emisiones en la industria de los minerales, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 142
Tabla 2.24. Emisiones en la [2B] Industria química en los periodos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 143

Tabla 2.25. Emisiones en la [2C] Industria de los metales 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 145
Tabla 2.26. Comparación de las emisiones de [2D] Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 146
Tabla 2.27. Emisiones del [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, 2000-2015, 2005-2010 y 2010-2015 147
Tabla 2.28. [2G] Emisiones de SF_6 en equipos eléctricos 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 148
Tabla 2.29. Emisiones en la [2H1] Producción de la pulpa y el papel 2000-2015, 2005-2010 y 2010-2015 148
Figura 2.25. Emisiones del sector [3] AFOLU, 1990-2015 150
Figura 2.26. Emisiones del sector [3] AFOLU, 2015 150
Tabla 2.30. Emisiones por el [3A] Ganado, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 151
Figura 2.27. Serie histórica de las emisiones de gases de efecto invernadero de la [3A] Ganadería en México, 1990-2015 152
Figura 2.28. Emisiones e incertidumbres de las subcategorías [3A1] Fermentación entérica y [3A2] Gestión de estiércol, 2015 152
Figura 2.29. Emisiones y absorciones agrupadas por permanencias y cambios de uso de suelo de [3B] Tierra 154
Tabla 2.31. Emisiones y absorciones agrupadas por permanencias y cambios de uso de suelo de [3B] Tierra, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 154
Figura 2.30. Incertidumbre de las emisiones de las subcategorías de [3B] Tierra 155
Figura 2.31. Incertidumbre de las emisiones de las subcategorías de [3B] Tierra 155
Tabla 2.32. Emisiones por [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 156
Figura 2.32. Emisiones de la categoría [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO_2 de la tierra, 2015 157
Figura 2.33. Incertidumbres de las categorías [3C1], [3C2], [3C3], [3C4], [3C5], [3C6] y [3C7] 157
Tabla 2.33. Emisiones del sector [4] Residuos, 1990-2015, 2005-2010 y 2010-2015 158
Figura 2.34. Emisiones de GEI en el sector [4] Residuos, 1990-2015 159
Tabla 2.34. Sector, categoría, subcategoría y fuentes que generan emisiones de carbono negro 163
Figura 2.35. Emisiones de carbono negro por subcategoría de emisión, 1990-2015 164
Tabla 2.35. Emisiones de carbono negro en 2015 164
Tabla 2.36. Tasa de crecimiento anual de los sectores, categorías y subcategorías de emisiones de carbono negro, 1990-2015 165
Tabla 2.37. Emisiones de carbono negro en el sector [1] Energía, 2015 167
Tabla 2.38. Emisiones de carbono negro en el sector [3] AFOLU, 2015 168
Tabla 2A.1. Emisiones nacionales de gases de efecto invernadero 2015 por tipo de gas, de los sectores, categorías, subcategorías y fuentes del IPCC 2006 169
Tabla 2B.1. Niveles (TIER) de las estimaciones de las emisiones de las fuentes, de acuerdo con los árboles de decisión del IPCC, 2006 174
Figura 2.36. Beneficios de la mitigación integral con GEI y FCVC 182
Figura 2.37. Distribución relativa de las emisiones de carbono negro en 1990 y 2010 183
Figura 2.38. Media anual del forzamiento radiativo debido a la interacción de los diferentes aerosoles, incluido el carbono negro 184
Figura 2.39. Enfoque sistémico de los forzantes climáticos y los gases de efecto invernadero 185
Figura 2.40. Los forzantes climáticos y su relación con los contaminantes atmosféricos 186

Cuadro 2.1. Medidas de mitigación para carbono negro desarrolladas durante la primera fase de planeación nacional en México, 2013 188
Cuadro 2.2. Medidas de mitigación para metano desarrolladas durante la primera fase de planeación nacional en México, 2013 189
Figura 2.41. Histórico de los máximos de ozono para las estaciones de la ZMVM 190
Figura 2.42. Fuentes principales de emisión de compuestos orgánicos volátiles, 2014 191
Figura 2.43. Fuentes de emisiones de COV, con su respectivo $PMFO_3$, 2014 191
Tabla 2.39. Emisiones de las principales fuentes y su $PMFO_3$ 192
Tabla 2.40. Muertes evitables promedio (IC 95%) por escenario y causa a consecuencia de la reducción de $PM_{2.5}$ en la región Centro 194
Tabla 2.41. Mortalidad evitable en las entidades de la megalópolis 194

3 Políticas y medidas de mitigación 207
Cuadro 3.1. Ejemplos de acciones de mitigación 214
Figura 3.1. Emisiones en la producción de energía eléctrica en el horizonte 2017-2031 216
Figura 3.4. Porcentaje de generación limpia en la generación eléctrica total 218
Figura 3.2. Generación eléctrica anual por tipo de tecnología 219
Figura 3.3. Generación eléctrica anual por tecnología limpia 219
Figura 3.5. Pérdidas técnicas en transmisión y distribución 2012-2016 221
Tabla 3.1. Resultados de las tres primeras subastas eléctricas de largo plazo 221
Tabla 3.2. Proyectos de ampliación de la red, repotenciación y mejora de la red de transmisión y transformación del Sistema Eléctrico Nacional 222
Tabla 3.3. Proyectos de eficiencia energética promovidos por la CONUEE 224
Tabla 3.4. Producción y procesos principales de los hidrocarburos 226
Tabla 3.5. Infraestructura petrolera de México 226
Tabla 3.6. Proyectos de mitigación de Petróleos Mexicanos 228
Figura 3.6. Producción nacional de hidrocarburos *vs.* GNA enviado a quemador o venteado, 2010-2017 230
Figura 3.7. Participación del transporte en el PIB 231
Figura 3.8. Índice de motorización en América Latina 232
Tabla 3.7. Índice de motorización por entidad federativa 232
Tabla 3.8. Regulación del control de emisiones del transporte 234
Tabla 3.9. Emisiones evitadas de GEI por el PTL 235
Figura 3.9. Mitigación de GEI por el PTL 236
Tabla 3.10. Empresas adheridas al PTL 236
Tabla 3.11. Programa de renovación vehicular de la flota del autotransporte federal 237
Tabla 3.12. Resultados del programa de renovación vehicular de la flota del autotransporte federal, 2013-2017 238
Tabla 3.13. Cuarta subasta para el financiamiento de medianas empresas en la renovación del parque vehicular 238
Tabla 3.14. Resultados del programa de financiamiento del autotransporte, 2013-2017 238
Tabla 3.15. Descripción de las medidas de mitigación en la Ciudad de México 240
Figura 3.10. Planta cementera en Tepeaca, Puebla 243
Figura 3.11. Alto horno en Monclova, Coahuila 244
Figura 3.12. Avances en el reciclaje del papel de 1993-2017 247
Tabla 3.16. Acciones del sector químico 247

Tabla 3.17. Acciones de mitigación en la industria manufacturera 248
Tabla 3.18. Normatividad vigente para el sector Residencial y Comercial 252
Tabla 3.19. Resumen de la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en 2030 254
Figura 3.13. Mitigación del subsector residencial en la CND 255
Figura 3.14. Mitigación del sector comercial en la CND 255
Figura 3.15. Distribución de las medidas de mitigación para el sector Residencial y Comercial 256
Figura 3.16. Sistema de evaluación de la vivienda verde 257
Tabla 3.20. Mitigación de carbono negro en 2030 en el subsector residencial 257
Tabla 3.21. NAMA de vivienda sustentable 258
Tabla 3.22. Acciones de vivienda sustentable 259
Figura 3.17. Emisiones de CO_2 por actividades del subsector residuos sólidos 260
Figura 3.18. Distribución porcentual por tipo de sitio de disposición final 261
Figura 3.19. Medidas del subsector Residuos sólidos en la CND 261
Tabla 3.23. Actores y sus principales competencias en el subsector de Residuos sólidos 262
Figura 3.20. Escenarios de mitigación de GEI analizados para el subsector RSU 265
Tabla 3.24. Potencial de mitigación del subsector RSU 265
Figura 3.21. Curva de abatimiento para el subsector RSU 266
Figura 3.22. Tipos de caudales de aguas residuales y su destino 271
Figura 3.23. Emisiones por aguas residuales de 1990 a 2015 272
Tabla 3.25. Tasa de crecimiento media anual y promedio de emisiones 272
Figura 3.24. PTAR con recuperación de biogás en Agua Prieta, Jalisco 273
Figura 3.25. PTAR de lodos activados y recuperación de biogás en Hermosillo, Sonora 274
Tabla 3.26. Medidas de mitigación identificadas para las CND en el subsector de aguas residuales 275
Figura 3.26. Comparación BAU con las emisiones de la medida de mitigación M1 276
Figura 3.27. Comparación BAU con las emisiones de la medida de mitigación M1 276
Figura 3.28. Comparación BAU con las emisiones de la medida de mitigación M2 277
Figura 3.29. Potencial de mitigación de la medida M3 277
Figura 3.30. Emisiones en el escenario BAU de las ARI (tratadas, no tratadas y totales) 278
Figura 3.31. Emisiones en el escenario de aplicación de la medida de mitigación M4 278
Tabla 3.27. Potencial de mitigación 279
Tabla 3.28. Reducción de las emisiones de GEI derivadas de la implementación de cada una de las medidas de mitigación propuestas en el subsector de aguas residuales 279
Figura 3.32. Emisiones de ARM, ARI e inversiones en alcantarillado y saneamiento 280
Figura 3.33. Inversiones totales por sector de origen del recurso, 2002-2016 281
Figura 3.34. Porcentaje de las inversiones totales por sector de origen del recurso, 2002-2016 281
Figura 3.35. Inversiones por rubro, CONAGUA, 1999-2016 282
Figura 3.36. Inversiones por rubro, CONAGUA, 1999-2016 282
Tabla 3.29. Metas de mitigación de GEI en el sector aguas residuales. 283
Tabla 3.30. Aumento en la cobertura de tratamiento de aguas residuales colectadas y en el número de PTAR, 2012-2016 283
Tabla 3.31. Caudales y porcentajes de cobertura de las aguas residuales generadas, 2012 -2016 284
Tabla 3.32. Número de PTAR para aguas residuales industriales, 2012-2016 284
Tabla 3.33. PTAR con generación de energía eléctrica a partir de biogás 285
Tabla 3.34. PTAR con generación de energía eléctrica a partir de celdas fotovoltaicas 285

Tabla 3.35. PTAR Atotonilco, caudales por tren de tratamiento y época del año 285
Figura 3.37. Ubicación de la PTAR Atotonilco 286
Figura 3.38. PTAR Atotonilco 287
Tabla 3.36. Proyectos de asistencia técnica y construcción de PTAR de banobras 287
Figura 3.39. Comparación BAU y medida de mitigación M4 para ARI no tratadas 289
Tabla 3.37. Superficie forestal nacional por ecosistema, en el periodo 1993-2011 291
Tabla 3.38. Principales avances en los componentes de la ENAREDD+ en México 293
Tabla 3.39. Principales avances de las entidades federativas en materia de mitigación en el sector USCUSS 295
Tabla 3.40. Mitigación en áreas forestales, realizadas por la Comisión Nacional Forestal, 2012-2017 296
Figura 3.40. Superficie incorporada a la conservación a través de áreas naturales protegidas 298
Tabla 3.41. Programas y componentes de acción de la SAGARPA 300
Tabla 3.42. Emisiones reportadas anuales en el registro nacional de emisiones (RENE) 303
Figura 3.41. Distribución espacial de la profundidad en metros del agua corrosiva con valor de pH = 7.6 314
Tabla 3.43. Estimaciones de sensibilidad y vulnerabilidad al cambio climático, expresado con respecto a la temperatura superficial del mar, para diferentes recursos pesqueros de México 316
Figura 3.42. Distribución de manglares, marismas y pastos marinos en México 317
Figura 3.43. Almacén de carbono 320
Tabla 3.44. Intervalo y valor promedio del almacén de carbono aéreo y subterráneo en pastos marinos de tres regiones de México 321
Figura 3.44. Sitios de almacén de carbono en pastos marinos por regiones 322

4 Economía del cambio climático y crecimiento verde 333
Figura 4.1. Costos acumulados del cambio climático a 2100 338
Figura 4.2. Distribución de costos del cambio climático en escenario de inacción, año 2100 340
Figura 4.3. Distribución de costos del cambio climático en un escenario de menor calentamiento global para el año 2100 341
Figura 4.4. Pérdidas totales, en valor presente, en cultivo de maíz en un escenario de inacción, en 2100 342
Figura 4.5. Pérdidas evitadas, en valor presente, en cultivo de maíz en un escenario ideal de aplicación de políticas de mitigación en 2100 342
Figura 4.6. Distribución de los costos agregados del cambio climático sobre la producción de granos, a 2100 344
Figura 4.7. Valor presente de las pérdidas acumuladas en el consumo de electricidad a 2100 mdp 345
Figura 4.8. Valor presente de los beneficios en el consumo de gas por instrumentar políticas consistentes con un escenario ideal de aplicación de políticas de mitigación en 2100 346
Tabla 4.1. Emisiones nacionales de GEI según el escenario tendencial y las metas de reducción INDC no condicionadas, 2020-2030 351
Figura 4.9. Emisiones nacionales de GEI según el escenario tendencial (BAU) y las metas de reducción INDC no condicionadas, 2013-2030 352
Tabla 4.2. Medidas de mitigación indicativas de la CND no condicionada 353

Figura 4.10. Resultados del proceso de estimación de costos de la CND no condicionada, 2014-2030 ... 355
Figura 4.11. Costo bruto y costo medio de mitigación, 2014-2030 ... 356
Tabla 4.3. Resumen de los Diálogos Públicos Privados sectoriales sobre la CND ... 359
Figura 4.12. Vinculación de las metas nacionales de crecimiento verde y el PECC ... 363
Figura 4.13. Avances del PECC 2014-2018 y su vinculación con el crecimiento verde ... 364
Figura 4.14. Avance de indicadores seleccionados del PROMARNAT 2013-2018 ... 365
Figura 4.15. Componentes de programas de SAGARPA vinculados con el crecimiento verde ... 366
Figura 4.16. Avances de los componentes de programas de SAGARPA vinculados al crecimiento verde, datos acumulados de 2014 a 2017 ... 367
Figura 4.17. Acciones de PROFECO en materia de crecimiento verde ... 370
Figura 4.18. Acciones de crecimiento verde ejecutadas por la SEP ... 372
Figura 4.19. México: consumo nacional de energía y producto interno bruto, 1993-2015 ... 376
Figura 4.20. México: consumo de energía por habitante y población total, 1990-2015 ... 377
Figura 4.21. Tendencia del crecimiento acumulado del consumo nacional de energía y el producto interno bruto, 1995-2015 ... 378
Figura 4.22. Evolución de la intensidad energética primaria y del PIB, 1993-2015 ... 379
Figura 4.23. Evolución de las intensidades energéticas primaria, final y de transformación, 1993-2015 ... 380
Figura 4.24. Relación de intensidad final con respecto a la intensidad primaria, 1993-2015 ... 380
Figura 4.25. Evolución de las intensidades de consumo final por sector, 1993-2015 ... 381
Figura 4.26. Tendencia del crecimiento acumulado de las intensidades energéticas por sector, 1995-2015 ... 382
Figura 4.27. Evolución de las intensidades finales térmica y eléctrica, 1993-2015 ... 383
Figura 4.28. Tendencia del crecimiento acumulado del consumo final eléctrico y térmico, 1995-2015 ... 384
Figura 4.29. Tasa de crecimiento de emisiones per cápita a partir de 1980 ... 385
Figura 4.30. Emisiones per cápita de México, 2010-2015 ... 386
Figura 4.31. Crecimiento relativo de la intensidad de carbono en el mundo ... 387
Figura 4.32. Intensidad de carbono en México, 2012-2015 ... 388
Tabla 4.4. Instituciones e iniciativas internacionales de crecimiento verde ... 389
Figura 4.33. Porcentaje del pib de los bienes y servicios ambientales ... 392
Tabla 4.5. Actividades del indicador: valor de la producción obtenida a partir del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales ... 394
Figura 4.34. Valor de la producción que proviene del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales ... 395
Tabla 4.6. Número acumulado de empleos verdes 2013-2017 ... 397
Tabla 4.7. Actividades generadoras de empleos verdes ... 397
Figura 4.35. Participación porcentual por sector en la generación de empleos verdes ... 398
Figura 4.36. Tasa de variación de la superficie conservada mediante el pago por servicios ambientales ... 401
Tabla 4.8. Emisiones de bonos verdes en México ... 403
Figura 4.37. Políticas, acciones e instrumentos relacionados con el establecimiento de un mercado de emisiones ... 405
Figura 4.38. Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (Carbono) como porcentaje de la recaudación total ... 407

Figura 4.39. Subsistema principal del sistema urbano nacional (SUN) 409
Tabla 4.9. Emisiones de CO_2 de 32 áreas metropolitanas en México (2015) 410
Tabla 4.10. Emisiones de gei de las principales Zonas Metropolitanas en México a partir de ejercicios de contabilidad desagregada 410
Tabla 4.11. Iniciativas destacadas en materia de sustentabilidad en ciudades mexicanas 412
Tabla 4.12. Principales contaminantes y fuentes emisoras de la región de la megalópolis 413
Figura 4.40. Agenda nacional e internacional sobre ciudades sustentables 415

5 Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático 427
Cuadro 5.1. Adaptación de humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del cambio climático 524
Figura 5.1. Objetivos del *Programa especial de cambio climático* en materia de adaptación 433
Tabla 5.1. Metas y acciones de adaptación incluidas en la CND de México 437
Figura 5.2. Esquema del proceso de adaptación al cambio climático 441
Figura 5.3. Aspectos que se evalúan en la selección y priorización de medidas de adaptación 444
Figura 5.4. Estrategias participativas implementadas por el INECC en un proyecto de adaptación al cambio climático en Veracruz, México 446
Figura 5.5. Infografía de ciclones tropicales. Clasificación y formación 448
Figura 5.6. Infografía de ciclones tropicales. Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales 449
Tabla 5.2. Huracanes que destacaron por su intensidad e impacto en México 450
Figura 5.7. Porcentaje del área de México afectada por una o varias categorías de sequía 451
Figura 5.8. Monitor de Sequía Multivariado en México 451
Figura 5.9. Distribución espacial de estudios en México para la reconstrucción paleoclimática durante el Holoceno apoyados con tipos de registros naturales 453
Figura 5.10. Cambios significativos en las series climáticas registradas en las estaciones meteorológicas durante el periodo 1961-2010 455
Figura 5.11. Cambios observados en México de eventos climáticos extremos de temperatura y precipitación 456
Figura 5.12. Cambios detectados en a) cantidad máxima de precipitación en un día y b) cantidad de precipitación máxima en 5 días para México 457
Tabla 5.3. Avance en el tema de escenarios de cambio climático 458
Figura 5.13. Esquema de las diferentes dimensiones de los escenarios regionales de cambio climático 460
Tabla 5.4. Modelos de Circulación General 461
Figura 5.14. Escenario de cambio climático producido con métodos de reducción de escala dinámicos 462
Figura 5.15. Fechas en que se rebasa umbral conjunto 463
Figura 5.16. Series de tiempo de incrementos en la temperatura media global para los RCP obtenidos con MAGICC6.0 464
Figura 5.17. Zonas susceptibles de inundarse en escenarios de ascenso estático del nivel del mar de 1 y 2 m 464
Figura 5.18. Gasto total por tipo de declaratoria de desastre, 1999-2017 466

Figura 5.19. Número de declaratorias por desastres relacionados con el clima (1999-2017) y gasto anual del FONDEN en mdd por estos desastres 466
Figura 5.20. Los 15 desastres naturales más costosos de 1999 a 2017 467
Figura 5.21. Porcentaje del gasto total por año del FOPREDEN 467
Figura 5.22. Áreas potenciales de conservación en el Altiplano Mexicano, considerando 12 proyecciones de cambio climático 469
Figura 5.23. Vulnerabilidad compuesta de las 206 especies en un escenario GFDL 8.5 2015-2039 470
Figura 5.24. Escenario base para las 9 zonas bioclimáticas consideradas en este estudio 470
Figura 5.25. Cambios proyectados con respecto al escenario base para cada una de las nueve formaciones vegetales, considerando el modelo GFDL-CM3 con RCP 8.5 para el horizonte 2075-2099 471
Figura 5.26. Corredores de gradiente climático propuestos para fomentar la conectividad del paisaje 472
Figura 5.27. Índice de estabilidad climática (RCP 4.5; 2045-2069) 472
Figura 5.28. Presencia de eventos extremos por ecorregión árida y semiárida 473
Figura 5.29. Localización de las 35 islas de México seleccionadas para evaluar, en dos escenarios, el efecto del aumento del nivel del mar de 1 y 5 m 474
Figura 5.30. Porcentaje de superficie perdida en distintas islas de México con aumentos del nivel del mar de 1, 3 y 5 m 474
Figura 5.31. Subíndice actual de exposición a inundaciones litorales de origen marino en los municipios costeros de México 475
Figura 5.32. Subíndice de exposición a inundaciones litorales de origen marino de los municipios costeros de México, proyectado en el largo plazo 476
Figura 5.33. Diferencia en el balance de energía atmosférico en diferentes zonas de la Ciudad de México 478
Figura 5.34. Esquema del balance de energía atmosférico en Mexicali, Baja California 479
Figura 5.35. Número de días con golpes de calor y golpes de frío para las 30 zonas metropolitanas con población mayor a medio millón de habitantes, periodo 1980-2009 479
Figura 5.36. Necesidades anuales de enfriamiento, periodo base 1979-2012 y población de 2010 480
Figura 5.37. Incremento de consumo anual para enfriamiento 481
Figura 5.38. Decremento en necesidades anuales de calefacción 482
Figura 5.39. Cambio del rendimiento con escenarios de cambio climático para cultivos básicos 484
Figura 5.40. Cambio del rendimiento con escenarios de cambio climático para otros cultivos 484
Figura 5.41. Distribución territorial del índice de capacidad institucional en términos de capacidad de respuesta para los municipios de México 485
Figura 5.42. Distribución territorial del índice de capacidad institucional en términos de capacidad adaptativa para los municipios de México 486
Figura 5.43. Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México 487
Figura 5.44. Municipios más vulnerables al cambio climático por entidad federativa 487
Figura 5.45. Componentes de la vulnerabilidad actual y futura al cambio climático 488
Figura 5.46. Elementos a considerar para la identificación de la problemática 489

Figura 5.47. Amenazas del cambio climático identificadas: incremento de la temperatura, incremento de la precipitación, disminución de la precipitación e incremento del nivel del mar 490
Figura 5.48. Mapas de exposición de asentamientos humanos a inundaciones, según escenarios actual y futuros de cambio climático 491
Figura 5.49. Tipología de las iniciativas de adaptación al cambio climático 493
Figura 5.50. Tipo de iniciativas que las instituciones del gobierno federal promueven en materia de adaptación al cambio climático en México, periodo 2012-2018 494
Figura 5.51. Tipo de iniciativas de adaptación al cambio climático que promueven las instituciones que forman parte del sector ambiental, periodo 2012-2018 494
Tabla 5.5. Iniciativas de adaptación del sector ambiental (SEMARNAT: oficinas centrales, organismos desconcentrados y descentralizados) 495
Tabla 5.6. Iniciativas de adaptación de las 13 secretarías que integran la CICC (excluida la SEMARNAT y sus órganos desconcentrados y descentralizados) 505
Tabla 5.7. Iniciativas de adaptación que establecen un vínculo entre mitigación y adaptación 515
Figura 5.52. Instalación de la Comisión Regional de Cambio Climático de la Península de Yucatán 517
Figura 5.53. Juntas municipales del medio ambiente, en Jalisco 519
Figura 5.54. Proyecto Piloto de Cosecha de Agua de Lluvia en la Comunidad de El Gato 522
Figura 5.55. Conservación de Cuencas Costeras en el Contexto de Cambio Climático (C6) 523
Tabla 5.8. Cuadro comparativo de tres proyectos de adaptación implementados por el INECC en coordinación con otras dependencias e instituciones, de 2012 a 2018 526

6 Financiamiento, tecnología y capacidades 553
Tabla 6.1. Presupuesto otorgado por FOTEASE 561
Figura 6.1. Porcentaje de reducción de emisiones de CO_2e por bonos de carbono de los proyectos mdl, al 31 de diciembre de 2016 565
Figura 6.2. Mapa de zonas de alto potencial solar FV y eólico 575
Tabla 6.2. Algunas instituciones gubernamentales, privadas, OSC y centros de investigación que desarrollan actividades de mitigación o adaptación al cambio climático 587
Tabla 6.3. Herramientas de información y sistemas de monitoreo y observación en México 588
Tabla 6.4. Principales acciones en México para la mitigación del cambio climático 590
Tabla 6.5. Instrumentos de política de la administración pública federal (APF) vinculados con la adaptación al cambio climático 591
Tabla 6.6. Actividades realizadas en México por agencias internacionales para el fortalecimiento de capacidades para el mejoramiento y/o creación de un ambiente regulatorio 592
Tabla 6.7. Fuentes de financiamiento para el cambio climático en México 594
Figura 6.3. Resultados de la evaluación de capacidades 595

7 Investigación, educación, formación y sensibilización del público 603
Figura 7.1. Participación de científicos de México en los diferentes reportes del IPCC, 1990-2017 606
Figura 7.2. Impactos del cambio climático 608
Figura 7.3. Adaptación ante el cambio climático 608
Figura 7.4. Mitigación del cambio climático 608

Tabla 7.1. Materias sobre cambio climático que se imparten en la UNAM 614
Tabla 7.2. Programas de capacitación del CECADESU 614
Tabla 7.3. Exposiciones sobre cambio climático en México 616
Tabla 7.4. Acciones de educación en dependencias y organismos federales 617

Anexo IBA2 623
Cuadro 1. Acciones de mitigación del IBA y referencias a la Sexta Comunicación Nacional 628
Tabla 1. Atención a las recomendaciones del ICA al Inventario Nacional del Primer Informe Bienal de Actualización 633
Tabla 2. Acciones de mitigación en el sector eléctrico 635
Tabla 3. Eficiencia energética nacional 639
Tabla 4. Programa de transporte limpio 641
Tabla 5. Vivienda nueva sustentable 642
Tabla 6. Tratamiento de aguas residuales municipales 643
Tabla 7. Producción pecuaria con prácticas de manejo sustentable 644
Tabla 8. Uso del suelo y cambio de uso del suelo 647
Tabla 9. Acciones de las Entidades Federativas reportadas en implementación 649
Tabla 10. Acciones de las Entidades Federativas reportadas en proceso de diseño 653
Tabla 11. Resumen de proyectos MDL de México, 2018 659
Tabla 12. Necesidades tecnológicas para la política de mitigación 660
Tabla 13. Recursos recibidos por México del GEF y del GCF en el periodo 2015-2018 663
Tabla 14. México: recursos aportados por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, 2016-2018 Dólares de los EUA 664
Tabla 15. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1990 664
Tabla 16. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1991 667
Tabla 17. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1992 669
Tabla 18. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1993 672
Tabla 19. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1994 675
Tabla 20. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1995 678
Tabla 21. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1996 680
Tabla 22. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1997 683
Tabla 23. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1998 686
Tabla 24. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 1999 689
Tabla 25. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2000 691
Tabla 26. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2001 694
Tabla 27. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2002 697
Tabla 28. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2003 699
Tabla 29. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2004 702
Tabla 30. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2005 705
Tabla 31. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2006 708
Tabla 32. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2007 711
Tabla 33. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2008 713
Tabla 34. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2009 716
Tabla 35. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2010 719
Tabla 36. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2011 722

Tabla 37. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2012 726
Tabla 38. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2013 724
Tabla 39. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2014 730
Tabla 40. Emisiones nacionales de GEI y carbono negro, 2015 733

Compuestos, prefijos y unidades 737
Tabla 1. Compuestos 737
Tabla 3. Prefijos 738
Tabla 2. Unidades 738

MÉXICO
Sexta Comunicación Nacional
y Segundo Reporte Bienal de
Actualización ante la Convención
Marco de Naciones Unidas
sobre el Cambio Climático
se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de
Conexion Publicitaria División Impresos Digitales S.A. de C.V. ubicados
en Álvaro Reséndiz, s/n Manzana 7 Lote 44, interior sótano, Colonia
Presidentes Ejidales 1a Sección, Coyoacán, Coyoacán, Ciudad de
México, México, C.P. 04470 durante el mes de noviembre de 2018.

Se tiraron 10 ejemplares

"No podemos darnos
el lujo de la indecisión,
las medidas a medias
o los enfoques graduales.
Nuestra meta debe ser
una transformación."

Ban Ki-Moon

COP21, noviembre 2015

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

gef GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones