

BASES PARA UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO BAJO EN EMISIONES EN MÉXICO



**GOBIERNO
FEDERAL**

SEMARNAT

**INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO**

www.semarnat.gob.mx



Vivir Mejor

BASES PARA UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO BAJO EN EMISIONES EN MÉXICO

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático



Noviembre, 2012

Primera edición: 2012

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.
www.semarnat.gob.mx

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-SEMARNAT)
Periférico Sur 5000, Col. Insurgentes-Cuicuilco
C.P. 04530. México, D.F.
www.ine.gob.mx

FOTO DE PORTADA: FERNANDO OLÉA
FOTOS INTERIORES: BRENDA ÁVILA FLORES

Impreso y hecho en México / Printed in Mexico

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID). Su contenido es responsabilidad del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (México) y no refleja necesariamente el punto de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos de América.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
PRÓLOGO	9
RESUMEN EJECUTIVO	11
1. INTRODUCCIÓN	19
2. CONTEXTO	23
3. EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN MÉXICO	27
3.1 Compromiso de abatimiento	29
3.2 Convención Marco de las Naciones Unidas y Acuerdos de Cancún	29
3.3 Acciones de mitigación en México	31
3.4 Programas voluntarios del sector privado	35
4. ESCENARIO DE REFERENCIA	37
4.1 Línea base de emisiones	37
5. POTENCIAL DE ABATIMIENTO, ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LA MITIGACIÓN	39
5.1 Potencial de abatimiento	39
5.2 Curva de costos	40
6. ANÁLISIS SECTORIAL PARA EL DESARROLLO BAJO EN EMISIONES	47
6.1 Generación de energía más limpia	48
6.2 Consumo eficiente de energía	59
6.3 Sistema de precios y subsidios energéticos	70
6.4 Transporte	74
6.5 Manejo sustentable de residuos	77
6.6 Uso de la tierra	80
7. PORTAFOLIO DE PROYECTOS IDENTIFICADOS	85

8.	ANÁLISIS FINANCIERO	89
8.1	Requerimientos de inversión para financiar las acciones de mitigación	89
8.2	Origen del financiamiento	92
8.3	Esquemas de asociación público-privada	93
9.	EFFECTO MACROECONÓMICO	95
10.	ARREGLOS INSTITUCIONALES	99
10.1	Coordinación intersecretarial	99
10.2	Integración entre los niveles de gobierno	102
11.	SIGUIENTES PASOS	107
	UNIDADES Y ACRÓNIMOS	110
	REFERENCIAS	113

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura A.	Marco conceptual de la estrategia.	11
Figura B.	Línea base de emisiones de GEI por sector en México al 2030, MtCO ₂ e.	12
Figura C.	Curva de costos de abatimiento de GEI para México en 2020.	13
Figura D.	Escenarios de generación eléctrica con fuentes limpias.	14
Figura E.	Mecanismos económicos de impulso a las energías limpias.	17
Figura 1.1	Ejes temáticos para la estrategia.	20
Figura 1.2	Crecimiento verde incluyente.	21
Figura 2.1	PIB per cápita, dólares americanos.	25
Figura 2.2	Comparativo del crecimiento anual del producto interno bruto, el consumo de energía en transporte y el consumo eléctrico.	26
Figura 3.1	Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en México.	27
Figura 3.2	Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero por el consumo de energía.	28
Figura 3.3	Desglose de emisiones nacionales del INEGI (2010) por tipo de gas.	28
Figura 3.4	Compromiso de abatimiento, MtCO ₂ e por año.	30
Figura 3.5	Avance del Programa Especial de Cambio Climático (PECC).	33
Figura 3.6	Certificado Ambiental PROFEPA.	36
Figura 4.1	Línea base de emisiones de GEI.	37
Figura 4.2	Línea base de emisiones de GEI por sector.	38
Figura 5.1	Participación de cada eje temático en el potencial teórico de abatimiento para México.	39
Figura 5.2	Potencial de abatimiento en México, MtCO ₂ e	40
Figura 5.3	Curva de costos de abatimiento de emisiones de GEI al 2020, euros por tCO ₂ e.	41
Figura 5.4	Curva de costos de abatimiento de emisiones de GEI al 2030, euros por tCO ₂ e.	41
Figura 6.1	Marco conceptual de la estrategia.	47
Figura 6.2	Potencial de abatimiento al 2020 por la generación de energía limpia.	50
Figura 6.3	Generación de energía por tipo de combustible y evolución del factor de emisión promedio en la generación eléctrica.	55
Figura 6.4	Consumo energético per cápita y PIB per cápita de países seleccionados.	60
Figura 6.5	Potencial de mejora en eficiencia energética por uso final.	61
Figura 6.6	Potencial de abatimiento por uso eficiente de la energía al 2020.	62
Figura 6.7	Comparativo de eficiencia vehicular promedio para vehículos ligeros.	65
Figura 6.8	Edad promedio del parque vehicular nacional con base en el tipo de gasolina.	66
Figura 6.9	Desarrollo de proyectos de cogeneración en PEMEX 2012 - 2018.	67
Figura 6.10	Comparación entre precio de venta al público y precio del productor por litro de gasolinas.	71
Figura 6.11	Descuento anual promedio que el subsidio representa sobre el precio de gasolinas y diesel	71

Figura 6.12	Comparativo de la participación del subsidio a combustibles y del Programa de Desarrollo Humano Oportunidades en el gasto federal.	72
Figura 6.13	Incidencia del subsidio a la gasolina por decil de ingreso.	73
Figura 6.14	Potencial de mitigación en el sector de residuos al 2020.	78
Figura 6.15	Potencial de mitigación en el sector agropecuario y forestal al 2020.	80
Figura 7.1	Potencial de abatimiento de emisiones, MtCO ₂ e por año.	89
Figura 7.2	Potencial de abatimiento del portafolio de proyectos de mitigación por sector, MtCO ₂ e por año al 2020.	88
Figura 8.1	Requerimientos financieros para la implementación de las acciones de mitigación identificadas en la curva de costos.	90
Figura 8.2	Capital estimado necesario para cumplir las metas de mitigación al 2020.	92
Figura 8.3	Mapa conceptual de fuentes de financiamiento públicas y privadas.	93
Figura 9.1	Efecto incremental de la estrategia de bajas emisiones contra el escenario tendencial.	96
Figura 9.2	Cambios en la distribución del ingreso por la implementación de la estrategia de bajas emisiones contra el escenario tendencial.	97
Figura 10.1	Coordinación intersecretarial en el marco conceptual	99
Figura 10.2	Integración entre niveles de gobierno dentro del marco conceptual.	102
Figura 10.3	Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático.	104
Figura 10.4	Planes de Acción Climática Municipal.	104
Figura 11.1	Esquema de formulación de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones.	109
Cuadro 5.1	Costo ponderado de abatimiento para México, dólares por tCO ₂ e.	42
Cuadro 6.1	Modalidades de generación e importación de energía eléctrica.	49
Cuadro 6.2	Potencial teórico de almacenamiento de CO ₂ , modalidad acuífero salino profundo.	62
Cuadro 6.3	Resumen del potencial de mitigación por el uso eficiente de energía (MtCO ₂ e/año).	62
Cuadro 6.4	Acciones de mitigación apropiadas nacionalmente (NAMA) en desarrollo en México.	68
Cuadro 6.5	Variación de indicadores macroeconómicos con respecto al escenario tendencial.	73
Cuadro 7.1	Portafolio de proyectos de mitigación.	86
Cuadro 7.2	Portafolio de proyectos según su etapa de diseño.	87
Cuadro 8.1	Proyectos de mitigación al 2020 según su clasificación financiera.	90
Cuadro 8.2	Financiamiento requerido para cubrir el potencial teórico de mitigación en México.	91
Cuadro 9.1	Impacto del cambio climático y costo de medidas de mitigación como % del PIB.	95

PRESENTACIÓN

El gobierno de México ha asumido voluntariamente, y bajo el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas y capacidades respectivas, la meta de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30% para el 2020 respecto a la línea base tendencial de las emisiones, sujeto al apoyo internacional tanto financiero como tecnológico. De este modo, asume su corresponsabilidad en la atención de las causas del cambio climático global y busca minimizar sus efectos adversos en el futuro, y fomenta el desarrollo sustentable de nuestro país. Esta meta es muy ambiciosa pero, como se expone en este documento, asequible con las tecnologías existentes actualmente, incluso en buena parte con ahorros económicos. Para lograrla, sin embargo, es preciso superar barreras de implementación de diversa índole y magnitud, lo cual es también enteramente posible, siempre que exista la voluntad y la cooperación necesarias de todas las partes.

Este documento presenta las bases para desarrollar una estrategia que lleve a lograr esta meta, e incluye acciones clave que pueden ser parte de la ruta de desarrollo bajo en emisiones para México, en el mediano plazo. Estas acciones se sustentan en análisis detallados y un amplio proceso de consulta, y consideran diferentes alternativas tecnológicas y de política. Esperamos que exhorten a los tomadores de decisiones de diferentes sectores y niveles de gobierno a hacerlas extensivas a sus proyectos y programas, y que sirvan, asimismo, de insumo para la Estrategia Nacional de Cambio Climático que, según se estipula en la Ley General de Cambio Climático, publicada el 6 de junio de 2012, deberá formularse en los próximos meses.

La ruta de desarrollo bajo en emisiones que aquí se propone y sustenta requiere inversiones iniciales tanto públicas como privadas. Sin embargo, para muchas de las medidas que aquí se evalúan, las inversiones nos reditarán ahorros en el mediano plazo, y en los casos en que esto no ocurra, se podría contar con los apoyos financieros externos, acordados en el contexto de las negociaciones internacionales. Por otra parte, debe tomarse en cuenta tanto el beneficio ambiental global de estas acciones como los beneficios locales, en términos ambientales, económicos y sociales.

Estamos en un momento histórico, en el que nos corresponde asumir nuestra responsabilidad con el medio ambiente que nos rodea, con los grupos y países más desfavorecidos y más vulnerables frente al cambio climático y la degradación ambiental, y con las generaciones futuras. Hacer lo que nos toca a la escala necesaria para enfrentar estos retos tiene ahora costos significativos, pero es una inversión que paga, y con mucho, en beneficios significativos en el mediano y largo plazo, tal como ha quedado ampliamente demostrado en diversos análisis y se reitera en el que aquí presento.

Esperamos que las propuestas aquí planteadas sean tomadas como punto de partida para articular las políticas, acciones y medidas que se emprendan en el futuro cercano. El presente documento cuenta con rigor analítico y el valor de la contribución de actores relevantes de diversas esferas, que se involucraron en un proceso participativo en el que aportaron sus ideas y puntos de vista, para consolidar la utilidad de esta propuesta.

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

PRÓLOGO

El Instituto Nacional de Ecología (INE) es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que tiene como misión la de “generar, integrar y difundir conocimiento e información a través de investigación científica aplicada y el fortalecimiento de capacidades, para apoyar la formulación de política ambiental y la toma de decisiones que promuevan el desarrollo sustentable”. En cumplimiento de su misión, el INE ha coordinado la preparación de este documento, que define la base y estructura para la formulación de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones para México, que será un componente de las acciones de respuesta al cambio climático por ejecutar en el futuro cercano.

Este esfuerzo busca construir sobre la base del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, que priorizó la agenda de cambio climático en la política pública con acciones de mitigación, adaptación y metas transversales de corto plazo, centradas principalmente en el sector público. El PECC concluye a fines del 2012 y ha sido fundamental para coordinar los esfuerzos de mitigación de gases de efecto invernadero del país y establecer sólidos cimientos sobre los cuales desarrollar una estrategia de alcance más amplio, como la que aquí se propone. El propio PECC reconoce la necesidad de dicha estrategia, ya que señala como una de sus metas transversales diseñar una estrategia para implementar las medidas de mitigación del cambio climático, que permita alcanzar las metas de mediano y largo plazo.

Con este documento se espera cumplir con la misión del INE y la meta del PECC arriba señalada. El documento es elaborado al final de la presente Administración, por lo que se limita a dejar una propuesta que ha tenido el consenso y apoyo de muchos actores e instituciones, y que está sustentada por una serie de análisis a profundidad. Confiamos en que será útil como cimiento para construir una estrategia que marque el camino para que México transite hacia el desarrollo bajo en emisiones en el mediano plazo.

En la preparación de este documento han colaborado diversas dependencias de la Administración Pública Federal y de los gobiernos estatales, así como representantes de la sociedad civil, la academia y el sector privado. Ha contado también con la colaboración de diversas instituciones de cooperación internacional, entre ellas: la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el gobierno británico, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Se extiende un profundo agradecimiento a los involucrados en la preparación de este documento.

Dr. Francisco Barnés Regueiro
Director General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

RESUMEN EJECUTIVO

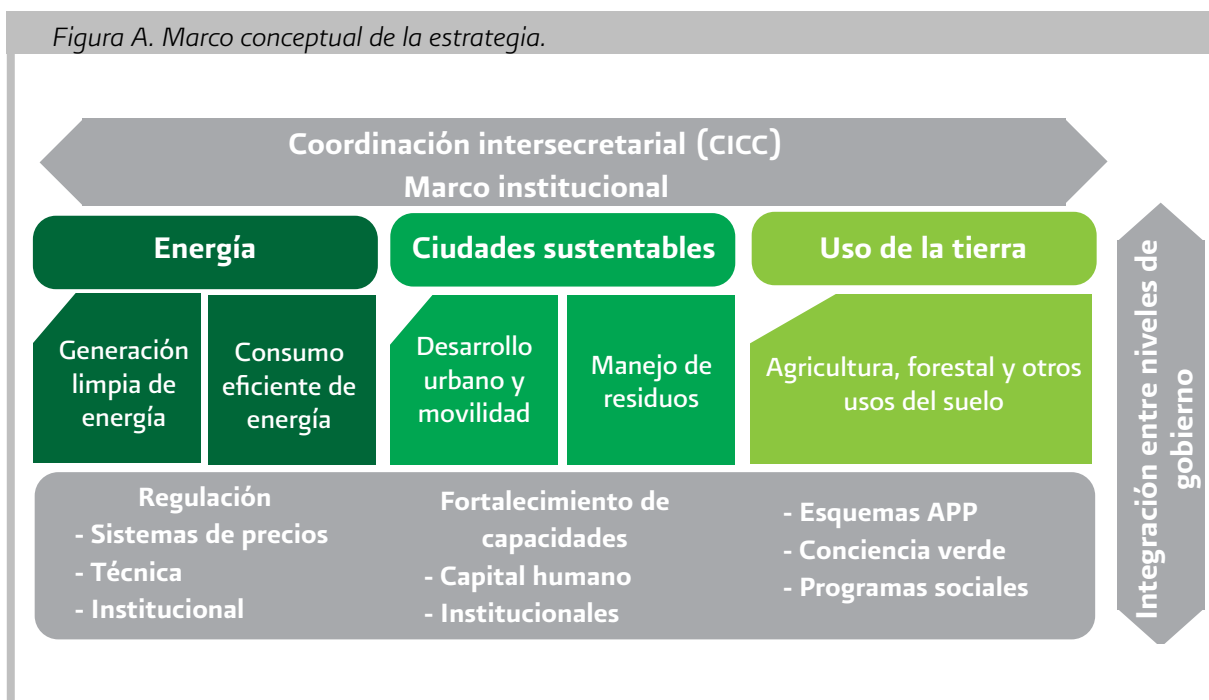
Este documento ofrece las bases para establecer una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México. En él se analiza, en primer lugar, el potencial estimado de abatimiento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en México, a partir de curvas de costos de abatimiento. Incorpora también un diagnóstico sectorial sobre el avance de las acciones de mitigación del cambio climático, incluyendo análisis financieros y de barreras para la implementación de una cartera de proyectos específicos de abatimiento de emisiones. Finalmente, se informan los resultados de una primera estimación de la inversión incremental requerida y de los efectos macroeconómicos de la implementación de las iniciativas de mitigación del cambio climático que se analizan.

La estrategia de desarrollo bajo en emisiones tiene los siguientes objetivos:

- Contribuir al crecimiento sustentable y socialmente incluyente de la economía.
- Reducir significativamente las emisiones de GEI del país.
- Priorizar e implementar acciones de abatimiento de emisiones con impactos positivos sobre el desarrollo social, reducción de la pobreza e incremento de la productividad del país.
- Ayudar a conservar y administrar racionalmente el capital natural de México.

La estrategia se estructura en torno a tres ejes temáticos: energía, ciudades sustentables y uso de la tierra (figura A).

El marco institucional y regulatorio ofrece las condiciones para favorecer la integración transver-



sal de estos ejes mediante mecanismos de coordinación intersecretarial y vínculos entre el sector público y privado, especialmente a partir de la publicación de la Ley General de Cambio Climático, en junio de 2012. La estrategia de desarrollo bajo en emisiones se integra también verticalmente, estableciendo espacios de coordinación entre los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal).

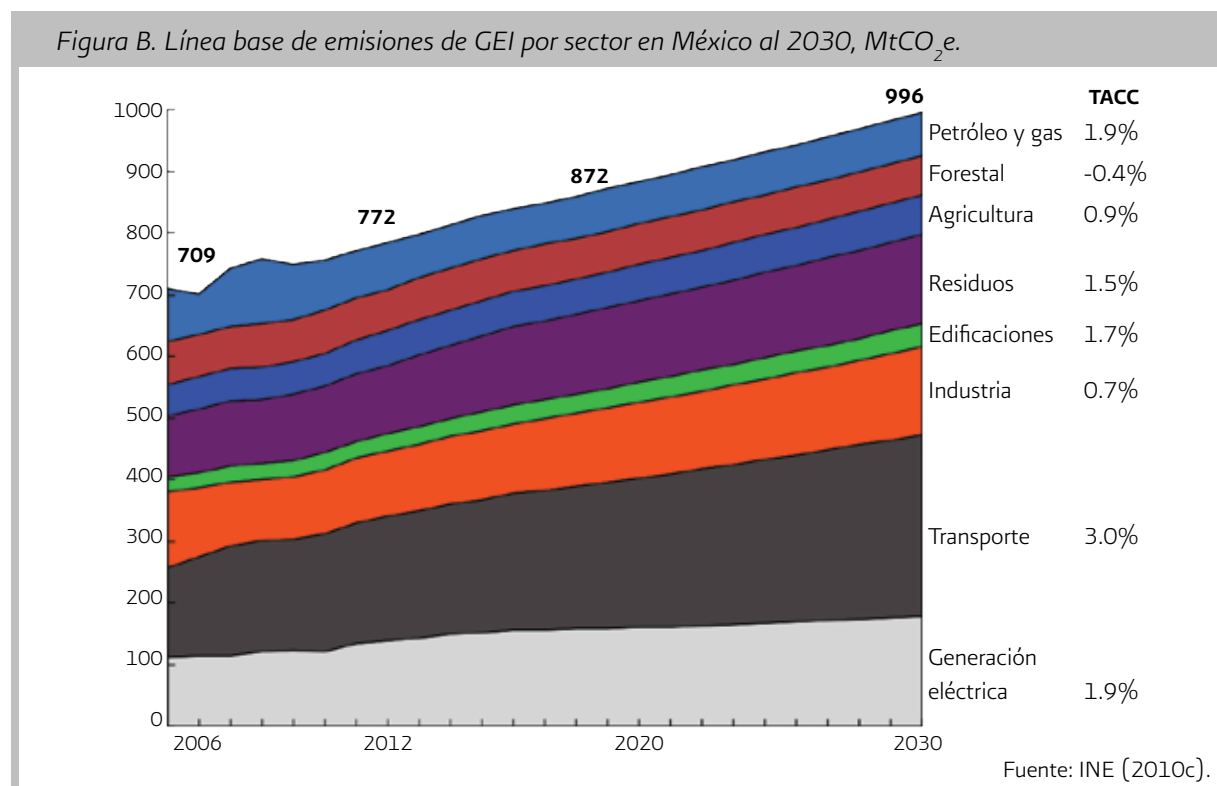
Escenario tendencial y potencial de abatimiento de emisiones de GEI en México

A partir del Inventario Nacional de Emisiones de GEI de 2006 y de estimaciones sobre la tasa de crecimiento demográfico y sobre la tasa anual de crecimiento compuesto (TACC) de los sectores de la economía mexicana, se proyectó una línea base

de emisiones de GEI al 2030 (figura B), la cual permite proyectar un escenario tendencial en el que los patrones actuales de consumo y producción se mantienen sin cambios. Para la elaboración de esta línea base se asumió una tasa de crecimiento anual del PIB nacional de 2.3% para el periodo 2006 - 2020¹.

En este escenario tendencial, se prevé que hacia el 2020, las emisiones de GEI se incrementarán 23 % con respecto a 2006, es decir, alcanzarán 872 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO₂e), y al 2030, 40.5 %, equivalente a alcanzar 996 MtCO₂e. La mayor parte del incremento de emisiones se concentrará en dos sectores: transporte y generación eléctrica.

Se han caracterizado más de 130 acciones de mitigación del cambio climático, identificadas en



1 INE (2010c).

La Secretaría de Energía (SENER) propone tres configuraciones de la matriz de generación eléctrica para cumplir con el mandato legal de 35 % de participación de fuentes limpias en la generación bruta de energía al 2024³ (figura D).

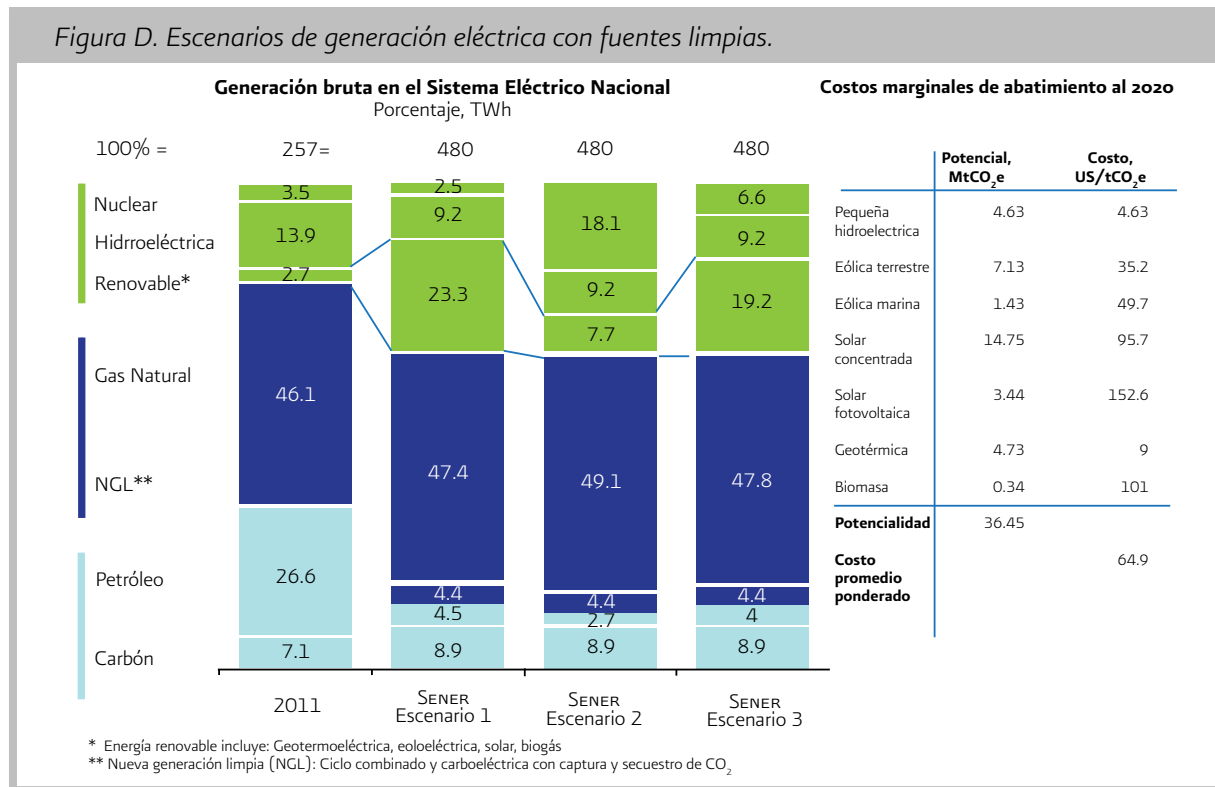
En el primer escenario, se incorporan 28,411 MW provenientes de centrales eólicas. Considerando la condición de intermitencia de la energía eólica, son necesarios 7,857 MW de capacidad de respaldo en equipos de turbogás. El segundo escenario incluye únicamente centrales nucleares, que incorporarían al Sistema Eléctrico Nacional entre 9,800 y 11,200 MW de capacidad. El tercer escenario parte de una estrategia híbrida, la cual añade 2,800 MW de capacidad nuclear y 20,900 MW de capacidad eólica hacia el 2024.

Por congruencia con los planes y prospectivas de SENER, en esta estrategia de desarrollo bajo en carbono se da por hecho:

- La continuación de la tendencia actual de cambio de combustóleo a gas natural en la generación termoeléctrica.
- La expansión de capacidad instalada de cogeneración en PEMEX y en la industria privada.
- La introducción de redes inteligentes de distribución eléctrica, que reduzcan las pérdidas en la transmisión de electricidad.

Uso sustentable de energía

A partir de la información del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 (PRONASE) y otros estudios de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)⁴ y del INE⁵, se ha identificado un potencial de reducción de emisiones mediante mejoras en eficiencia de 64 MtCO₂e al 2020, equivalente al 24.5% del potencial teórico identificado.



3 SENER (2012b).
 4 CONUEE (2009).
 5 INE (2010c).

Las acciones de eficiencia energética se clasifican en cuatro grandes categorías: normas y estándares diseñados para racionalizar el consumo energético futuro; programas sociales que apoyan la transición a tecnologías más eficientes en sectores de bajos recursos; programas de certificación de productos con alta eficiencia energética, e intervenciones para generar cambios en los patrones de consumo de los usuarios finales.

El sector transporte es analizado en dos partes: en la sección *Uso sustentable de energía* se examina el potencial de mitigación que pueden tener iniciativas de mejora en la eficiencia de vehículos, mientras que en la de *Ciudades sustentables* se estudian los proyectos de desarrollo urbano y de optimización de la infraestructura del transporte público.

Ciudades sustentables

En este rubro, el potencial de reducción de emisiones de GEI identificado al 2020 es de 26 MtCO₂e, concentrado mayormente en acciones de manejo de residuos sólidos urbanos y en proyectos de aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los proyectos de inversión en infraestructura de transporte urbano masivo podrían abatir 2 MtCO₂e al 2020.

Uso de la tierra

El potencial teórico de mitigación estimado para el 2020 en el sector forestal es de 57 MtCO₂e (20% del potencial de abatimiento nacional). Las oportunidades identificadas se basan en evitar la pérdida y degradación de la cobertura forestal. El potencial de abatimiento anual estimado para el sector agropecuario es de 20 MtCO₂e, y se concentra en la adopción de buenas prácticas de labranza y manejo de ganado. La implementación de estas prácticas puede, además de contribuir a la reducción de emi-

siones, ayudar a incrementar la productividad del sector agropecuario.

Análisis financiero de las acciones de mitigación

A partir de la curva de costos generada en el análisis de potencial teórico de abatimiento, se estima que el capital requerido para implementar todas las acciones consideradas en la curva de costos al 2020 (y lograr el abatimiento de 261 MtCO₂e) es cercano a los 138 mil millones de dólares.

A partir de la curva de costos, se obtienen las siguientes estimaciones:

- Las acciones de mitigación con costos marginales de abatimiento negativos o nulos requieren una inversión de 30 mil millones de dólares al 2020. Estas iniciativas presentan un beneficio económico neto estimado en 34 mil millones de dólares, producto de los ahorros obtenidos por un menor consumo energético en diferentes sectores de la economía e incrementos en la productividad de las empresas.
- Las acciones de mitigación con costos marginales de abatimiento positivos requieren una inversión de 108 mil millones de dólares al 2020. En relación con el escenario tendencial, el costo incremental para la economía por la implementación de estas acciones es de alrededor de 40 mil millones de pesos. En términos de la economía nacional, estos costos se compensan gracias a la existencia de cobeneficios en áreas como seguridad energética, salud y desarrollo social.
- Las acciones que representan un costo incluyen oportunidades de mitigación que requieren fuertes inversiones en infraestructura (energía solar concentrada, captura y secuestro de carbono), para cuya implementación se prevé que México requiera acceso a préstamos a fondo

perdido otorgados por diversas fuentes de cooperación internacional para compensar los costos incrementales.

- La suma del costo incremental a la economía y el costo de abatimiento de barreras se calcula entre 30 mil y 40 mil millones de dólares al 2020.

El análisis de requerimientos de capital es sensible al precio del barril de crudo (estimado en 60 dólares por barril al 2030) y a la tasa de descuento utilizada (4 %).

Análisis macroeconómico de la estrategia de bajo carbono

Utilizando un modelo computable de equilibrio general, se realizó un primer cálculo de los impactos macroeconómicos de las acciones de mitigación contempladas en la cartera de proyectos de mitigación⁶. El estudio de un escenario en el que se implementen todas las iniciativas de abatimiento identificadas, bajo el supuesto de que México cuenta con acceso a fondos internacionales, encontró que el PIB nacional se incrementaría en 5.3 % con respecto al escenario tendencial, en el que no se ejercen acciones de mitigación⁷. El crecimiento del nivel de inversión en el escenario de implementación sería 23.69 % mayor que el esperado, respecto del escenario tendencial, y el acervo de capital sería 7.56 % superior.

Bajo tales supuestos, se observa que la inversión incremental requerida para la implementación de la estrategia de bajo carbono tendría como resultado la generación de entre 300 mil y 550 mil empleos. La tasa de desempleo en el escenario tendencial se estima en 12 %, mientras que en el escenario de bajo carbono sería de 6.7 %. Además, la estrategia de bajo carbono es progresiva, ya que favorecería la

generación de riqueza en los segmentos sociales de menor ingreso.

En resumen, no existe destrucción de valor económico, dado que los costos incrementales de la implementación de estas acciones son compensados por las ganancias en productividad, seguridad energética y calidad ambiental, por la mayor entrada de divisas derivada de contar con un mayor volumen de crudo disponible para exportación, así como por los impactos positivos sobre salud e inclusión social.

Siguientes pasos

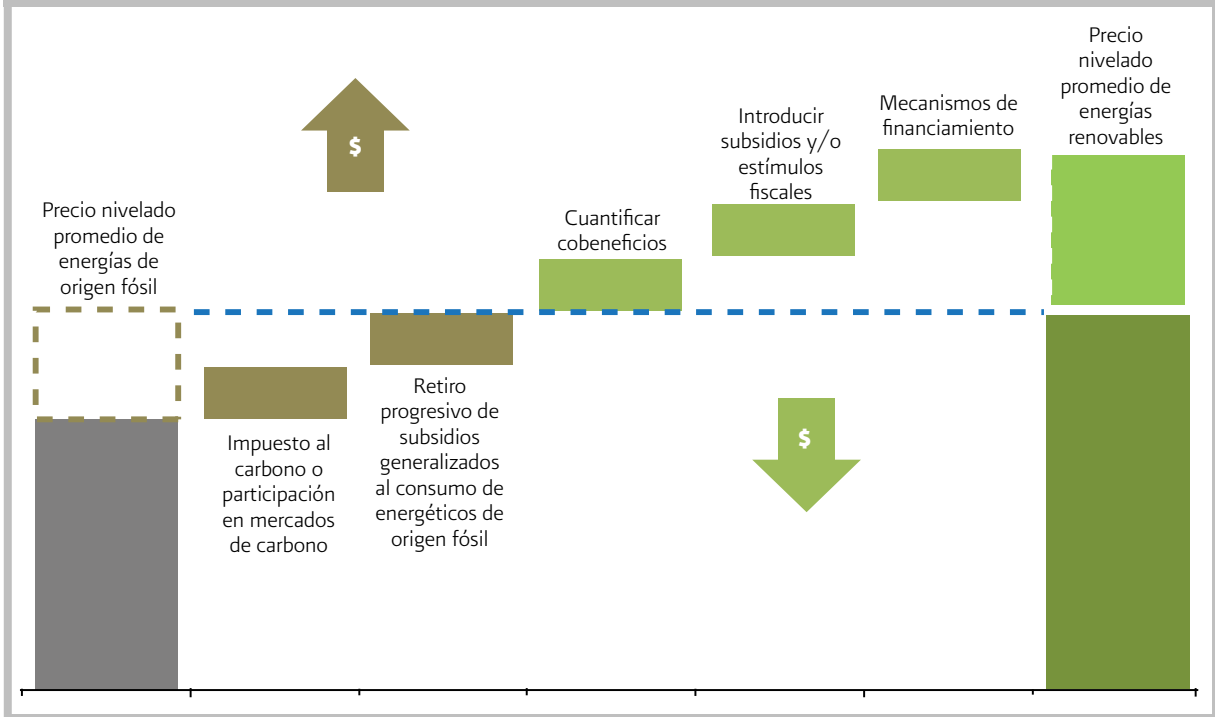
Entre las acciones que México debe realizar para impulsar la formulación e implementación de la estrategia de desarrollo bajo en emisiones (figura E), se han identificado las siguientes prioridades:

- Afianzamiento de los espacios de discusión entre el gobierno, el sector privado, la academia y las organizaciones de la sociedad civil, para lograr que todos ellos se involucren en el establecimiento de modelos de desarrollo verde incluyente.
- Consenso en torno a los métodos empleados para estimar la línea base de emisiones de GEI y del potencial de abatimiento, así como los necesarios para el análisis microeconómico de las iniciativas y la modelación macroeconómica de los efectos de implementar las acciones de mitigación.
- Establecer un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) para dar seguimiento a las acciones de la estrategia.
- Armonización de los planes de acción climática a nivel municipal, estatal y federal.

6 Ibarrarán y Boyd (2011).

7 El escenario base parte de que no se modifican los patrones actuales de consumo y producción, y que la economía se apoya en combustibles fósiles cada vez más escasos.

Figura E. Mecanismos económicos de impulso a las energías limpias.



- Fomento de la transición a energías limpias, utilizando un conjunto de mecanismos económicos que modifican la estructura de costos de las energías fósiles y renovables.
- Continuación y expansión de los programas sociales que cuestan poco y que generan impactos positivos en la calidad de vida de la población más desprotegida.
- Consolidación de las condiciones que permitan el establecimiento de negocios verdes, su identificación y desarrollo.

1. INTRODUCCIÓN

México ha demostrado gran interés por contribuir a la solución del cambio climático global. Su motivación viene en primer lugar de su preocupación respecto a los impactos provocados por este fenómeno, que con seguridad se agravarán en el futuro. También lo motiva el convencimiento de que reducir su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) le puede traer beneficios sociales, ambientales e incluso económicos, como queda establecido en los análisis que se presentan en este documento.

Para lograr la reducción de sus emisiones al nivel tan ambicioso que se ha comprometido, se propone desarrollar e implementar una estrategia de desarrollo bajo en emisiones (LEDS, por sus siglas en inglés), útil para ayudar a coordinar los esfuerzos nacionales de desarrollo que reduzcan las emisiones de GEI y con un rol clave para asegurar la competitividad internacional.

1.1.1 Objetivos

Con una estrategia nacional de desarrollo bajo en emisiones se busca:

- Contribuir al crecimiento sustentable y socialmente incluyente de la economía.
- Reducir significativamente las emisiones de GEI del país.
- Priorizar e implementar acciones de abatimiento de emisiones, con impactos positivos sobre el desarrollo social, reducción de la pobreza e incremento de la productividad del país.
- Ayudar a conservar y administrar racionalmente el capital natural de México.

Esto se realiza mediante acciones transversales que aseguren la coordinación entre gobierno, sector privado, sociedad, sector académico, y verticalmente entre los órdenes de gobierno.

1.1.2 Documento base

En particular, este documento busca:

- Servir de base para el desarrollo de una LEDS para México.
- Dar evidencia de que el camino del crecimiento bajo en emisiones no solo es deseable ambientalmente, sino también atractivo desde el punto de vista económico y social.
- Contribuir al cumplimiento de nuestras responsabilidades internacionales, comunes pero diferenciadas, en la solución del cambio climático, pues le daría a México un marco de referencia integrado y un conjunto de acciones para reducir sus emisiones de GEI.

Se determinaron tres ejes temáticos en torno a los cuales se ha elaborado la estrategia descrita en este documento (figura 1.1): energía, ciudades sustentables y uso de la tierra.

En la primera parte del documento se presenta el contexto del país frente al fenómeno del cambio climático y la situación macroeconómica de México. Incluye un reporte de las emisiones nacionales de GEI por sector de la economía, de los compromisos de mitigación que México ha adquirido y de las acciones emprendidas a la fecha para abatir dichas emisiones.

Posteriormente, se describe el escenario de referencia de emisiones de GEI al 2030, y el potencial

teórico de mitigación al 2020 y al 2030, estimado a partir de estudios de curvas de costos marginales de abatimiento.

La parte central del presente estudio incluye:

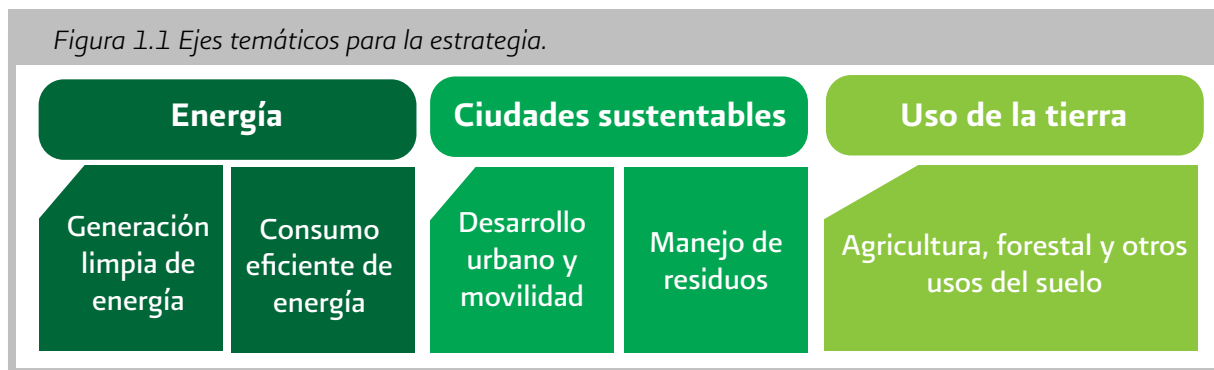
- Un análisis sectorizado del potencial de abatimiento y los proyectos de reducción de emisiones de GEI identificados en cada uno de los ejes, así como las barreras para su implementación.
- Un análisis financiero con un estimado inicial de la inversión requerida para lograr las metas de abatimiento de emisiones de GEI en México, que

incluye las posibles fuentes de financiamiento con base en el tipo de proyectos involucrados.

- Un análisis del efecto macroeconómico de la implementación de las acciones de mitigación.

Finalmente, se abordan los cambios esperados en la arquitectura institucional, derivados de la entrada en vigor de la Ley General de Cambio Climático, ocurrida en octubre de 2012, y se resaltan las prioridades en materia de mitigación del cambio climático que se deben promover para implementar esta estrategia e impulsar la transición hacia el crecimiento verde a nivel nacional.

Figura 1.1 Ejes temáticos para la estrategia.



1.1.3 México frente al cambio climático

El gobierno de México ha manifestado reiteradamente su preocupación por el cambio climático global. Los diagnósticos de los impactos de este fenómeno para nuestro país son preocupantes, y deberían ser un factor muy relevante en la planeación de prácticamente todos los sectores y niveles de decisión hacia el mediano y largo plazo.

México ha emprendido una serie de acciones y ha participado en la búsqueda de soluciones al cambio climático en el contexto internacional. Con estas acciones, el Estado mexicano ha actuado en consecuencia con sus principios, con la convicción de la urgencia y necesidad de atender el cambio climático global y sus consecuencias en el contexto

multilateral, pero también debido a su propio interés nacional. En primer lugar porque le preocupan los impactos que ha padecido como efecto de este fenómeno y el hecho de que se agraven en el futuro; en segundo lugar, porque está convencido de poder aprovechar un contexto desfavorable para desarrollarse de manera más sustentable, enfatizando la preservación de su medio ambiente a la vez que fomenta el crecimiento económico y el empleo, y reduce la pobreza.

Crecimiento verde incluyente

En la búsqueda del crecimiento económico concordante con el desarrollo más sustentable y con la mejora en las condiciones de vida de su población, México puede aspirar a seguir un modelo de **Crecimiento Verde Incluyente** (figura 1.2).

Figura 1.2 Crecimiento verde incluyente.



Por ello se entiende el crecimiento y desarrollo socialmente equitativo y ambientalmente sustentable, que sea eficiente y limpio en el uso de los recursos naturales, minimizando la contaminación, previniendo la degradación y pérdida del capital ambiental, y que sea seguro y resiliente a los efectos del cambio climático⁸.

Este modelo de crecimiento considera desacoplar el crecimiento económico de la dependencia en combustibles fósiles y los impactos ambientales, invierte en el medio ambiente como impulsor del cre-

cimiento⁹. Busca estabilidad económica mediante mejoras en productividad, innovación y desarrollo de nuevos mercados. Abarca iniciativas dedicadas a promover el desarrollo económico y la equidad social, que conserven o incrementen el capital natural. Propone un manejo integral del capital natural y físico que fortalezca las interacciones positivas entre ellos y evite la confrontación y las tensiones que se dan al ser administrados independientemente.

Bajo este modelo, el gobierno debe adoptar una estrategia enfocada en promover el desarrollo

8 A partir de definiciones de:

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

Estrategia que busca el crecimiento y desarrollo económico a la vez que se previene la degradación ambiental, la pérdida de biodiversidad y el uso insustentable de los recursos naturales. Busca invertir en el medio ambiente como un impulsor del crecimiento económico y maximizar las oportunidades de explotar fuentes más limpias de crecimiento, desacoplando las presiones ambientales del crecimiento económico. Son fuentes de crecimiento verde la productividad, la innovación, los nuevos mercados, la confianza y la estabilidad.

El Banco Mundial (BM)

Crecimiento ambientalmente sustentable, eficiente en su uso de recursos naturales, limpio al minimizar la contaminación y los impactos ambientales y resiliente al considerar los peligros naturales y el papel del manejo ambiental en prevenir peligros físicos y volatilidad excesiva de los bienes de consumo.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), que es quien aporta el concepto de que debe ser socialmente equitativo.

9 INE (2012a).

económico y el bienestar social, con la creación de empleos decentes¹⁰ y de oportunidades de negocios sustentables. Todo ello, a la vez que se mitiga el cambio climático y se preserva el medio ambiente.

Para México, esta visión de crecimiento verde ofrece oportunidades tangibles, como las siguientes:

- Creación y desarrollo de mercados nuevos y existentes para productos y servicios verdes, previo desarrollo de industrias y creación de modelos de negocio que los sostengan.
- Transformación de las cadenas de valor tradicionales en cadenas de valor verdes, incorporando factores ambientales para la toma de decisiones en las operaciones del día a día de las empresas.
- Reducción de riesgos sistémicos y desequilibrios estructurales derivados de cambios en patrones

climáticos, proveyendo una plataforma para la actividad económica y la generación de empleos que sea robusta y resistente al cambio climático.

- Mejora en la productividad y el valor de los recursos naturales, adoptando un enfoque sustentable en el uso y conservación de estos recursos.
- Promoción de la innovación, desarrollo de tecnología propia y local y adopción de tecnologías probadas cuando el caso lo amerite.

En comparación con economías desarrolladas, México tiene condiciones que hacen muy atractiva la transición hacia un crecimiento verde, ya que tiene un gran potencial de crecimiento económico y un menor costo para el cambio y la adopción tecnológica.

¹⁰ Con "empleo decente", la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en 1999, designa a aquel que: *implica oportunidades de trabajo productivo con salario justo; ofrece seguridad en el lugar de trabajo y protección social para los trabajadores y sus familias; ofrece mejores perspectivas para el desarrollo personal y favorece la integración social; da a la gente la libertad para expresar sus preocupaciones, para organizarse y participar en las decisiones que afectan sus vidas, y garantiza la igualdad de oportunidades y de trato para todos.*

2. CONTEXTO

México es un país vulnerable a los efectos del cambio climático, evidentes en eventos hidrometeorológicos de mayor intensidad y frecuencia, cambios en los patrones de precipitación pluvial (que ocasionan sequías e inundaciones), desertificación y mayor incidencia de incendios forestales. Todo esto con impactos en la salud y diversos sectores económicos. Algunos ejemplos recientes ilustran la gravedad de este problema:

- De acuerdo con reportes recientes, 2010 empató con 2005 como el año más cálido en la historia reciente.
- Nueve de los diez años más cálidos jamás registrados ocurrieron en la última década.
- Durante la primera mitad de 2011, 40 % del territorio mexicano padeció la peor sequía de las últimas siete décadas. Ello ocasionó una pérdida de cosechas cercana a seis millones de toneladas.
- En 2010, México experimentó los más altos índices de precipitación en algunas regiones, con tormentas severas en el segundo semestre de 2011, que provocaron inundaciones en al menos doce estados (Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán).
- En 2010, 702 municipios de 17 estados sufrieron daños por causa de desastres naturales. La temporada de huracanes de 2011 fue la más severa jamás registrada, con un costo estimado de 0.59% del producto interno bruto (PIB) nacional.

De acuerdo con el 4° Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), publicado en 2007, el Planeta se calentó en 0.74°C durante los 100 años que precedieron a 2005. La meta de calentamiento global adoptada en Cancún, en el contexto de las negociaciones multilaterales de la CMNUCC, es de un calentamiento máximo de 2 °C hacia fines del presente siglo. Es una meta difícil, e incluso lográndola, se espera un agravamiento de los impactos del cambio climático en los próximos años.

Galindo (2009)¹¹, en su estudio *La economía del Cambio Climático para México*, indica que, económicamente hablando, tomar acción pronta para la reducción de los riesgos asociados al cambio climático es la mejor decisión, aun considerando la incertidumbre implícita en las proyecciones ambientales y económicas a largo plazo, y los costos involucrados. Las conclusiones de este análisis han sido respaldadas por estudios subsecuentes, como los de Quadri¹², el Centro Mario Molina¹³ y el estudio México, Estrategias para la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC) del Banco Mundial (2010)¹⁴. Estos estudios indican que el costo de actuar ahora y de reducir las emisiones en México, junto con el resto del mundo tiene resultados positivos en el crecimiento económico nacional, en el desarrollo social (por la creación de empleos) y en la equidad (por la redistribución de la riqueza), además de presentar

11 SHCP, SEMARNAT (2009).

12 Quadri (2008).

13 Centro Mario Molina (2008).

14 Banco Mundial (2009).

beneficios (adicionales a los beneficios globales) en salud, bienestar y productividad.

Es importante hacer notar que, aunque todos los análisis mencionados presentan limitaciones al momento de lidiar con la incertidumbre en un horizonte de tiempo largo, llegan a dos conclusiones importantes que serían válidas, aun si el cambio climático no fuera una preocupación:

- En casos de gran incertidumbre, realizar acciones para minimizar el riesgo de sufrir pérdidas catastróficas es la mejor decisión económica, aun y cuando dichas acciones tengan un costo asociado.
- En un mundo con recursos finitos, crecimiento demográfico y la necesidad de mejorar las condiciones de vida, actuar en respuesta a señales de escasez es una decisión económica óptima.

Necesidades de Adaptación

La reducción de emisiones y el desarrollo bajo en carbono están enfocados en mitigar el cambio climático; sin embargo, no eliminan ni reducen el costo de las medidas necesarias de adaptación al mismo.

Se debe generar e implementar paralelamente una estrategia de adaptación al cambio climático, enfocada en buscar un desarrollo resiliente al cambio climático y en la que se identifique y reduzca la vulnerabilidad social, económica y ambiental.

En el estudio *Bridging the Emissions Gap*, publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en noviembre de 2011, se estima que, mundialmente, se emiten cerca de 48,000 millones de toneladas de bióxido de carbono

equivalente (MtCO_2e) al año. El análisis sostiene que para lograr el calentamiento máximo de 2°C , mencionado anteriormente, es necesario que las emisiones alcancen su nivel máximo antes del 2020, y que de ahí caigan hasta aproximadamente 44,000 MtCO_2e a nivel global hacia el 2020. Se proyecta que, considerando los compromisos y el nivel de ambición expresados por los diversos países, en el año 2020, el nivel de emisiones será de alrededor de 49,000 MtCO_2e , lo que excede el objetivo planteado por más de 10 %¹⁵. En la COP de Cancún se abrió el proceso para identificar acciones adicionales para abatir la brecha global de 5,000 MtCO_2e (equivalentes a más de seis veces las emisiones actuales de México) proyectada para el 2020.

2.1.1 Contexto macroeconómico de México

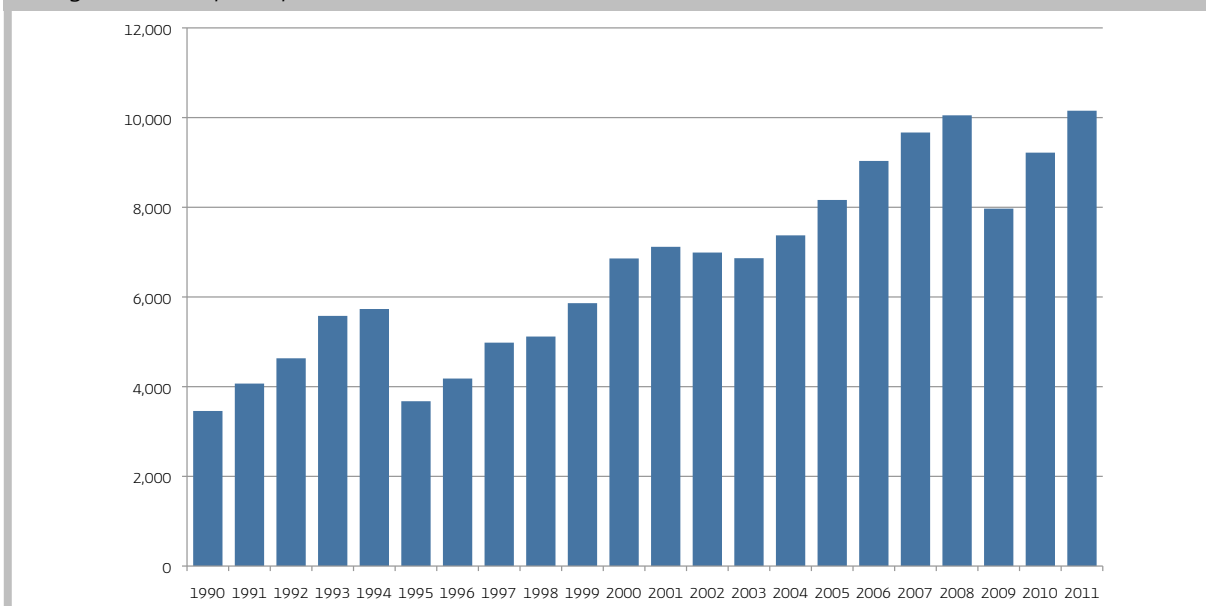
México es la 14ª economía en el mundo, la segunda en América Latina (FMI, 2011) y el 11º país más poblado del mundo, con 112.3 millones de habitantes y una tasa de crecimiento demográfico promedio anual de 1.4 % en los últimos diez años (INEGI, 2010).

En 2010, el PIB per cápita se ubicó en 9,566 dólares (FMI, 2011). La tasa de crecimiento económico promedio anual ha sido de 2.5% durante la última década (figura 2.1). La crisis económica mundial de 2009 influyó en la disminución del ritmo de crecimiento, que alcanzó una tasa promedio anual de 1.3% entre 2008 y 2011 (Banxico, 2011).

La población económicamente activa (PEA) del país ronda actualmente los 49.6 millones de personas, es decir 4 millones más que hace dos años. La tasa de desempleo del último año se registró en 5.04 % de la PEA, lo que significa una reducción con respecto a los años 2009 (5.2 %) y 2010

15 PNUMA (2010).

Figura 2.1 PIB per cápita, dólares americanos.



(5.3 %), lo que indica una recuperación de la crisis de los últimos años (INEGI, 2011).

En 2010 el Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL) estimó que 46 % de la población se encuentra en situación de pobreza (52 millones de personas), lo que significa que tiene ingresos inferiores a la línea de bienestar y una o más carencias sociales¹⁶. Este segmento de la población es el más vulnerable a los impactos del cambio climático.

Por otra parte, México ocupa el lugar 16° a nivel mundial en reservas de petróleo crudo, el 35° en reservas de gas natural, 6° en producción de petróleo crudo, 11° en producción de gas natural y 14° en capacidad de destilación primaria. La producción de energía es altamente dependiente de los combustibles fósiles y el 79.9% de la energía eléctrica proviene de estos recursos (PEMEX, 2012).

En el largo plazo, la intensidad energética de la economía está determinada por la evolución del PIB, el crecimiento demográfico y el precio de los combustibles. En los últimos veinte años, la tasa de crecimiento tanto del consumo de energía eléctrica como el consumo de energía por el sector transporte ha aumentado a un ritmo superior al del PIB (figura 2.2).

El gráfico muestra la respuesta de la demanda de energía a las variaciones en el ingreso. La demanda de energía por el sector transporte es sumamente sensible a los ciclos económicos. La demanda de energía eléctrica no muestra ajustes dramáticos al alza en el corto plazo debido a que la capacidad instalada de generación determina el máximo posible.

16 La línea de bienestar a julio de 2012 se fijó en \$2,318 pesos mensuales para la población urbana y \$1,485 pesos mensuales para la población rural.

Figura 2.2 Comparativo del crecimiento anual del producto interno bruto, el consumo de energía en transporte y el consumo eléctrico.



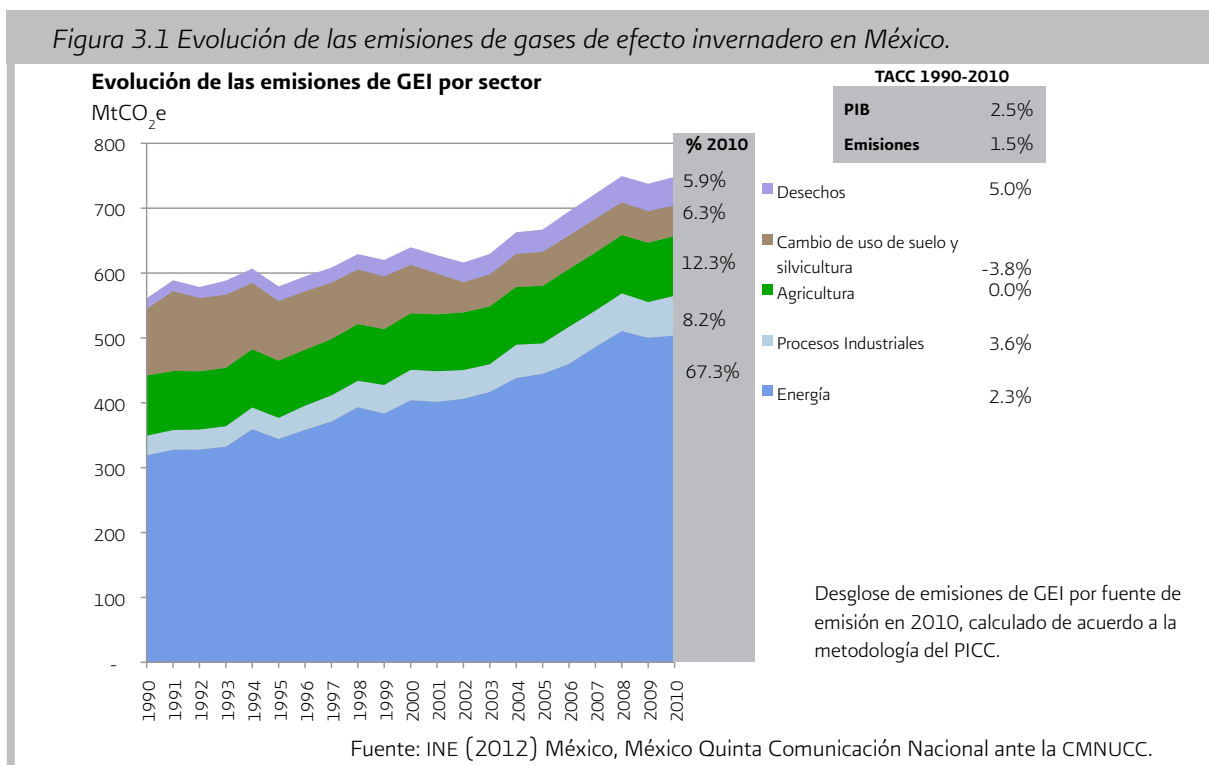
3. EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN MÉXICO

En 2010, se emitieron en México 748 MtCO₂e. Los rubros de energía y agricultura participaron con casi 80 % de las emisiones (figura 3.1). La tasa anual de crecimiento compuesto (TACC) de las emisiones entre 1990 y 2010 fue de 1.5 %. En el mismo periodo, la intensidad energética (consumo de energía / PIB) tuvo un decremento del 6.7 %, mientras que la intensidad de emisiones (emisiones de CO₂ / PIB) disminuyó en 6.6 %.

Las emisiones que mayor crecimiento han tenido entre 1990 y 2010 son las provenientes de desechos, con una tasa de crecimiento anual de 5 % en ese periodo. Esto se debe principalmente al aumento del PIB per cápita y a la tendencia de urbanización que se ha visto en México en el mismo periodo.

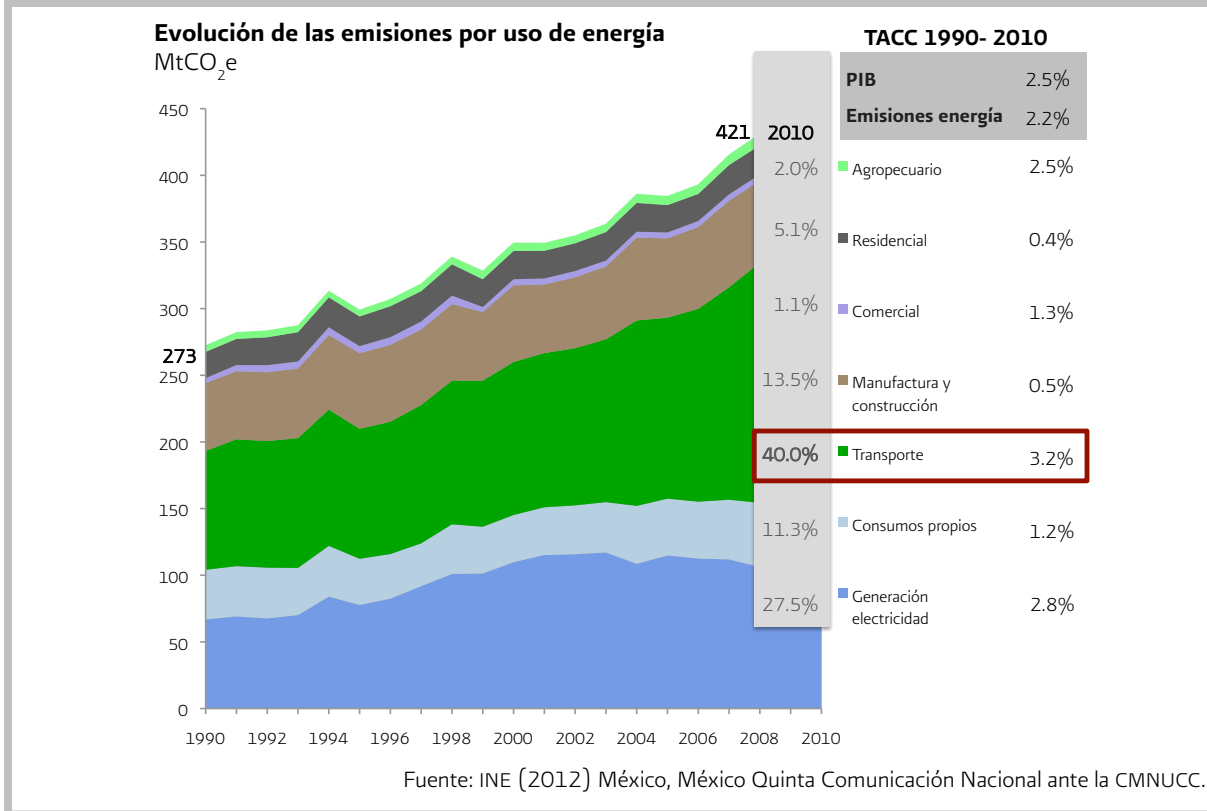
El sector energía es la mayor fuente de emisiones de GEI en México (figura 3.2) y tuvo un crecimiento en emisiones de 57.9 %, con una TACC de 2.3 % entre 1990 y 2010. Esto se debe principalmente al crecimiento en emisiones por transporte debido a dos fenómenos:

- La rápida expansión de la flota vehicular en el país: en 2003, el número de vehículos de pasajeros por cada 1,000 habitantes era 137, mientras que en 2009 fue 191¹⁷.
- El uso masivo de convertidores catalíticos que reducen las emisiones de gases tóxicos (CO, NOx, NMVOCs), pero aumentan las de CO₂ y N₂O (el N₂O tiene un alto potencial de calentamiento).



17 Banco Mundial (2009).

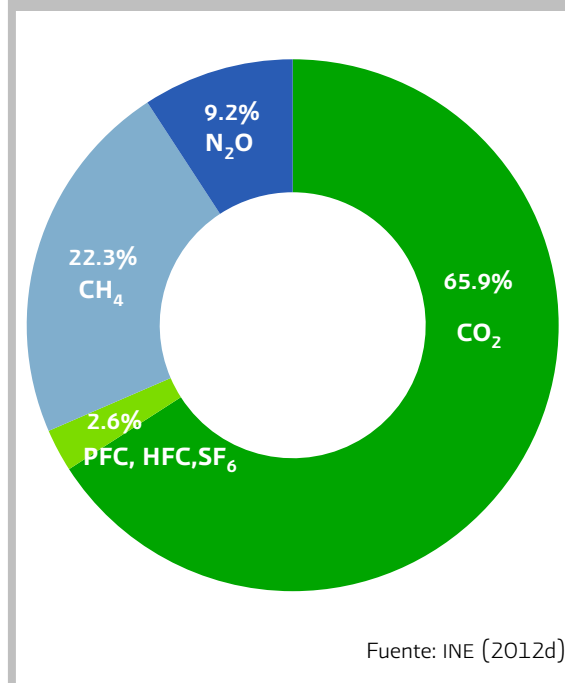
Figura 3.2 Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero por el consumo de energía.



Si bien la reducción de emisiones de CO₂ es el componente principal de la mitigación del cambio climático a nivel mundial, existen otros gases antropogénicos cuyo potencial de calentamiento global por molécula es mucho mayor y su acción sobre el clima tiene horizontes de tiempo diferentes del CO₂. Las emisiones de GEI por tipo de gas en 2010 fueron: CO₂, 493.4 MtCO₂e; metano (CH₄), 166.7 MtCO₂e; óxido nitroso (N₂O), 69.1 MtCO₂e; hidrofluorocarbono (HFC), perfluorocarbono (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) sumaron en conjunto 18.95 MtCO₂e (figura 3.3).

Dentro de la variedad de gases de efecto invernadero distintos al CO₂, los agentes forzantes del clima de vida corta (AFVC) son de importancia estratégica, e incluyen al metano (CH₄), el carbón negro, el ozono troposférico y las sustancias con las que interactúa, como los hidrofluorocarbonos (HFC). Debido a que estos agentes tienen un tiempo de vida en la atmósfera mucho más corto

Figura 3.3 Desglose de emisiones nacionales del INEGI (2010) por tipo de gas.



que el del bióxido de carbono y a que tienen efectos combinados sobre el clima, la estabilización de estas emisiones puede contribuir significativamente para frenar las tendencias de calentamiento global en el corto plazo y reducir el riesgo de alcanzar puntos de inflexión irreversibles en el clima. En México, este tipo de sustancias afectan directamente a zonas urbanas con alta concentración poblacional, por lo que las acciones de abatimiento de estas emisiones pueden lograr beneficios importantes en la calidad del aire local y en la salud de la población.

El carbón negro calienta el clima por medio de dos mecanismos: las partículas de carbono negro absorben luz solar y generan calor en la atmósfera, que puede incrementar la temperatura del aire, modificar la formación de nubes y cambiar los patrones de lluvia. Además, cuando el carbón negro se deposita sobre la nieve y el hielo, el calor generado por la absorción de luz acelera el deshielo. Este material se produce en procesos de combustión incompleta de materia orgánica y las fuentes primarias incluyen a los motores diesel, incendios agrícolas y forestales, pequeñas fuentes industriales y el uso doméstico de biocombustibles sólidos, como en la cocción de alimentos y la calefacción de hogares. Dada la corta vida del carbón negro en la atmósfera (de una a cuatro semanas), sus efectos sobre el clima ocurren a una escala regional y local. Los beneficios climáticos, ambientales y sociales asociados a las acciones de reducción de este contaminante son, igualmente, locales.

El metano, por su parte, además de ser en sí mismo un potente agente forzante del clima (con un potencial de calentamiento global 21 veces superior al CO_2 ¹⁸), es un precursor importante del ozono troposférico, que a su vez es un poderoso gas de efecto invernadero y es nocivo para la salud humana y la agricultura. La reducción de las emisiones de metano puede conducir a una disminución global en las concentraciones de ozono superficial, que además de contribuir inmediatamente a reducir el efecto

invernadero, reduciría sus efectos nocivos para la salud humana, la agricultura y la silvicultura. Las fuentes más comunes de metano son los desechos del sector agropecuario, los rellenos sanitarios y las aguas residuales.

3.1 Compromiso de abatimiento

El gobierno de México ha asumido voluntariamente, bajo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y capacidades respectivas, de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la meta de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 30 % para el 2020 respecto a la línea base de las emisiones, sujeto al apoyo internacional tanto financiero como tecnológico. Este compromiso se adoptó en Cancún durante las negociaciones que tuvieron lugar a fines de 2010, y fue ratificado y convertido en una obligación con la publicación de la Ley General de Cambio Climático, en junio de 2012 (figura 3.4).

3.2 Convención Marco de las Naciones Unidas y Acuerdos de Cancún

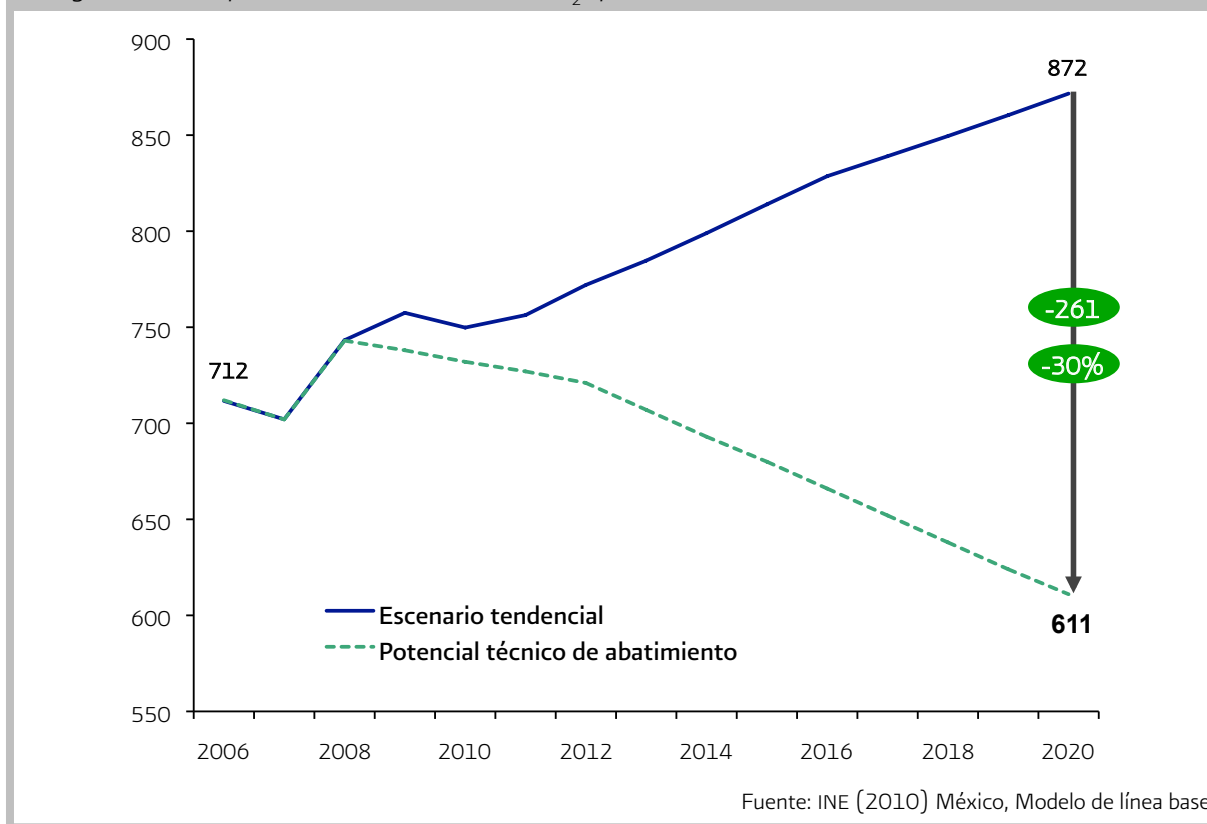
En diciembre de 2010 la comunidad internacional adoptó los Acuerdos de Cancún como medio para fortalecer el régimen de cambio climático con base en los cinco ejes identificados por el Plan de Acción de Bali: visión de largo plazo, mitigación, adaptación, financiamiento y tecnología.

Cada una de estas áreas ofrece oportunidades concretas de cooperación que facilitarán a los países en desarrollo el acceso a tecnología verde, construcción de capacidades y apoyo financiero para políticas y proyectos de adaptación y mitigación, con miras a alcanzar un crecimiento bajo en carbono.

En las Conferencias de Cancún fue posible conjuntar la voluntad política de los gobiernos para la

18 PICC (2007).

Figura 3.4 Compromiso de abatimiento, MtCO₂e por año.



adopción de una meta global a fin de que la temperatura media global no exceda los 2°C. Más aún, tomando en consideración que esa meta puede llevar a situaciones extremas a varios países, los Acuerdos de Cancún abren la puerta para revisar periódicamente esa meta, aspirando a mantener el incremento de la temperatura a 1.5°C en el futuro cercano, con base en la información científica proveída por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

Asimismo, los países desarrollados han anunciado metas de reducción de emisiones de sus economías en su conjunto, pero en esta ocasión sus esfuerzos no están aislados. Los países en desarrollo también han hecho públicas sus acciones nacionales de mitigación, que si bien representan esfuerzos por parte de países en desarrollo de naturaleza voluntaria y que requieren apoyo financiero y tecnológico, en su conjunto representan un esfuerzo colectivo que en sí mismo es un parte aguas

en el régimen climático, y demuestran el involucramiento de todos los países en contra del cambio climático.

En Cancún también se aprobó la integración de una sólida arquitectura institucional en apoyo al mundo en desarrollo, a través del establecimiento de un Mecanismo de REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal), un Mecanismo de Adaptación y un Mecanismo de Tecnología.

En materia de financiamiento, los Acuerdos reconocen el compromiso hecho por países desarrollados para movilizar 30 mil millones de dólares entre 2010 y 2012, bajo estándares de transparencia. Además, el establecimiento del Fondo Verde Climático permitirá movilizar recursos financieros hasta por 100 mil millones de dólares cada año desde el 2020, a fin de apoyar los esfuerzos de los países en desarrollo para emprender acciones de

mitigación y adaptación al cambio climático. Los fondos no sólo serán públicos sino también privados, y esto abre la puerta a considerar fuentes innovadoras de financiación y estrechar los vínculos con otros actores.

Con relación al Protocolo de Kioto, en Cancún se aseguró la continuidad de los trabajos en torno al segundo período de compromisos. Respecto al nivel de ambición de los países desarrollados, las Partes adoptaron como referencia los rangos de reducción de emisiones agregadas incluidos en el Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, que se sitúan entre el 25 y el 40 % hacia 2020 respecto a los niveles de 1990.

Asimismo, se acordó la continuidad de los mecanismos de mercado bajo el Protocolo (Comercio de Emisiones/Mercados de Carbono, Implementación Conjunta, Mecanismo de Desarrollo Limpio), así como medidas en el sector forestal para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de los países Anexo I, adoptándose una decisión sobre el tratamiento de las actividades del Uso del Suelo, Cambio del Uso del Suelo y Silvicultura (LULUCF, por sus siglas en inglés).

Los Acuerdos de Cancún, si bien no son suficientes ante la magnitud del reto que significa el cambio climático, ofrecen mayor transparencia y certidumbre para transitar hacia una economía sustentable, con bajas emisiones de carbono.

3.3 Acciones de mitigación en México

México ha tenido una participación histórica relativamente pequeña en las emisiones globales de GEI. Sin embargo, dado su crecimiento poblacional y económico en las últimas décadas, ha incrementado sus emisiones anuales a un ritmo mayor que el de la mayoría de los países de la Convención Marco

de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Actualmente, México se encuentra entre los primeros quince países emisores de gases de efecto invernadero, ya que contribuyó con el equivalente a 748 MtCO₂e en 2010. Esto equivale a cerca del 1.5 % de las emisiones anuales globales. Con 109 millones de habitantes, que equivalen a cerca del 1.5 % de la población global, México se encuentra en el promedio de las emisiones globales per cápita (6.54 tCO₂e por habitante)¹⁹. México emite alrededor de 6.50 tCO₂e per cápita.

Dado su nivel de emisiones, las acciones de mitigación que emprenda México son relevantes (para detener el calentamiento global) únicamente en conjunto con las de otros países, actuando de manera equiparable, en particular si se suman las de los grandes emisores.

En este sentido, el cambio climático ha sido una prioridad clave en la agenda nacional, y en los últimos años México ha jugado un rol de liderazgo entre los países no-Anexo I de la CMNUCC. Para México, implementar una estrategia de desarrollo bajo en emisiones tiene sentido económico, social y ambiental, además de que con ello puede cumplir sus obligaciones internacionales.

Algunas de las principales acciones de México ante el cambio climático son:

- Inclusión del tema del cambio climático dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012 (PND).
- Conformación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).
- Publicación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC, 2007).

19 PICC (2007).

- Implementación del Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC), para lograr el abatimiento de 51 MtCO₂e al 2012. Este programa colocó a México como uno de los primeros países no-Anexo 1 en tomar acciones unilaterales y auto-soportadas de corto plazo para la reducción de emisiones de CO₂.
- Desarrollo de un plan de mitigación a largo plazo para identificar oportunidades de abatimiento en todos los sectores, lo que le permitió a México anunciar un compromiso voluntario no-vinculante de reducir 30 % de sus emisiones al 2020, sujeto a apoyo internacional, financiero y tecnológico, como parte de un acuerdo global.
- Identificación de más de 150 proyectos específicos de abatimiento de emisiones en el mediano y largo plazo. Este portafolio de proyectos podría lograr abatir 130 MtCO₂e al 2020, lo que significa una reducción de 15 % respecto al escenario tendencial, y representa 50 % del compromiso anunciado en la COP 15.

Las siguientes acciones han detonado el desarrollo de programas específicos en los sectores con más impacto en el abatimiento de emisiones:

- PRONASE – eficiencia energética enfocada en el consumo final en varios sectores.
- PROÁRBOL – silvicultura sustentable para la reducción de la tasa de deforestación.
- PROGAN – ganadería sustentable para la reducción del impacto en recursos forestales.
- Estrategia Nacional de Energía – con el objetivo al 2024 de lograr un mínimo de 35 % de la generación eléctrica a partir de tecnologías

limpias, y 20 % de reducción en el consumo energético.

Estos programas han tenido resultados tangibles, por ejemplo:

- Una reducción de 44.5 MtCO₂e (88 % de la meta de 51MtCO₂e) con la implementación del PECC. Se espera que al final del programa, se logren 52.76MtCO₂e totales por acciones PECC (logro del 104 % del objetivo)²⁰.
- Programa masivo de sustitución de focos incandescentes y electrodomésticos por Lámparas Fluorescentes Compactas (LFCs) y electrodomésticos energéticamente eficientes, focalizado en hogares de bajos recursos. En septiembre de 2012, el Programa de Luz Sustentable cumplió su meta al distribuir 45.8 millones de focos, beneficiando a más de 8 millones de familias²¹. De acuerdo con estimaciones realizadas por FIDE, se ahorrarían en consumo hasta 2,048 gigawatts-hora al año, cifra comparable a casi 2 veces el consumo de 2011 del estado de Campeche o la mitad del consumo del estado de Querétaro.
- Programa de sustitución de motores eléctricos por equipos de alta eficiencia que cumplan con la norma NOM-016-ENER-2002, enfocado en las pequeñas y medianas empresas (PyMES). El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica estima que la comercialización de 211,246 motores de alta eficiencia redujo la demanda de electricidad en 2,135 GWh/año.
- Implementación de 23 normas de eficiencia energética que promueven el uso eficiente de energía en varios rubros: electrodomésticos, sistemas comerciales y residenciales de aire acondicionado, iluminación comercial y residencial, vehículos ligeros, entre otros.

20 SEMARNAT (2012b).

21 SENER (2012d)

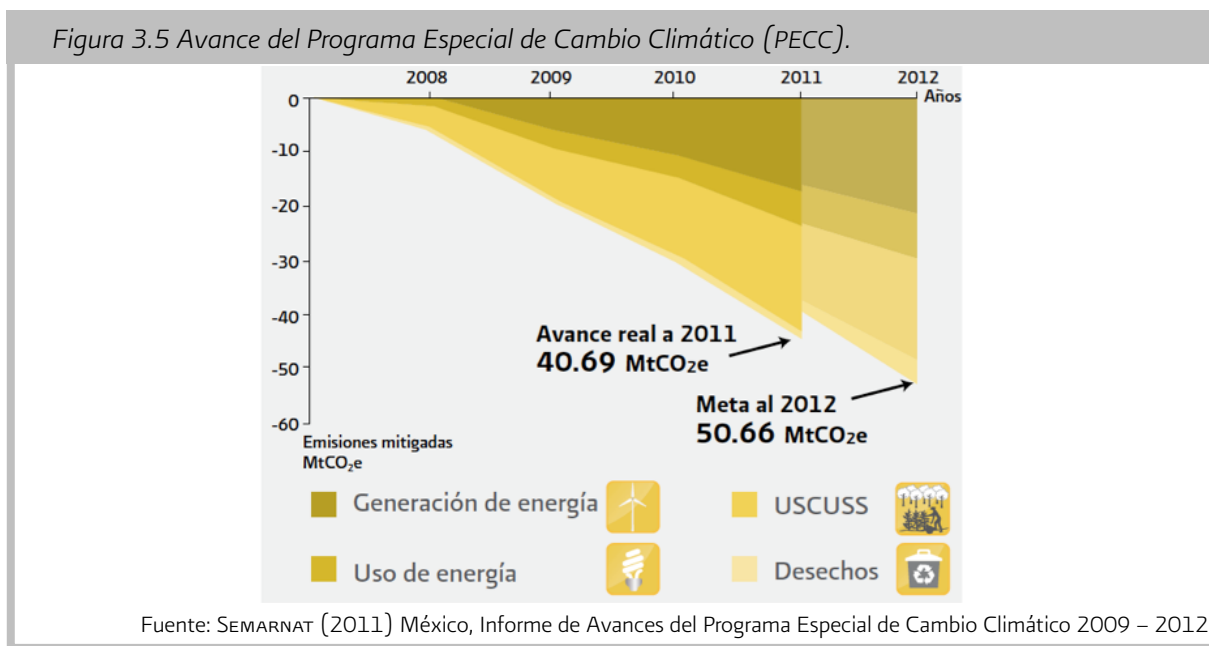
- Programa de hipotecas verdes para viviendas de interés social, financiando paquetes de eficiencia energética en desarrollos inmobiliarios y alcanzando más de 874 mil viviendas en 3.5 años²².
- Implementación de un sistema de servicios ambientales de gran escala, incorporando más de dos millones de hectáreas de ecosistemas forestales entre 2007 y 2010²³, además de otros programas forestales que, en conjunto, han reducido la tasa de deforestación en 50 %, en menos de diez años.
- Incremento de áreas naturales protegidas a 25.3 millones de hectáreas, logrando que casi 13 % del territorio mexicano esté protegido²⁴.
- Aprobación de los modelos de Contratos de Interconexión para Energías Renovables por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), que ha además publicado las Reglas Generales de Interconexión al SEN para Energías Renovables y Cogeneración Eficiente. La CRE ha otorgado

permisos de generación eólica por una capacidad de 3.41 GW, de los cuales solo 1.13 GW se encuentran actualmente en operación. Se espera que el mecanismo de Temporadas Abiertas de Reserva de Capacidad de Transmisión permita añadir entre 4 y 5 GW de capacidad instalada de fuentes renovables.

La figura 3.5 muestra el avance del Programa Especial de Cambio Climático (PECC). Podemos observar que al cierre del 2011, el nivel de abatimiento de emisiones de GEI alcanzado es de 40.69 MtCO₂e/año, que equivale a un avance de 80 % con respecto a la meta establecida para 2012 (50.66 MtCO₂e anuales al 2012).

3.3.1. Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012, establece el marco jurídico para regular las políticas públicas de adaptación y mitigación al cambio climático, así como para impulsar



22 CONAVI (2012).

23 CONEVAL, SEMARNAT (2012).

24 CONANP (2012).

la transición hacia una economía competitiva de bajas emisiones de carbono.

Sus principales objetivos son:

- Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.
- Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera.
- Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.
- Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno.
- Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático.
- Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono.

Además, establece que:

- La política nacional de mitigación de cambio climático deberá incluir: planes, programas, acciones, instrumentos económicos, de política y regulatorios para el logro gradual de metas de reducción de emisiones.
- La transición a una economía sustentable y de bajas emisiones debe realizarse disminuyendo los costos económicos y promoviendo la com-

petitividad, transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades locales.

3.3.2 Abatimiento de agentes forzantes del clima de vida corta (AFVC)

En el contexto del diseño de la estrategia de desarrollo bajo en emisiones, México ha iniciado un programa piloto sobre la contribución que la reducción de los agentes forzantes del clima de vida corta puede ofrecer a la mitigación del cambio climático. El programa incluye tres componentes:

- Caracterización de las emisiones de metano, carbón negro y contaminantes asociados, en sus fuentes más comunes.
- Evaluación y selección de las opciones técnicamente factibles y económicamente viables de abatimiento de emisiones de forzantes de vida corta que puedan ser implementadas en México.
- Demostración de tecnologías que permitan reducir la emisión de agentes de vida corta en las fuentes más importantes, para ser replicadas.

Adicionalmente, existen diversos esfuerzos internacionales que buscan generar el conocimiento necesario para diseñar políticas de abatimiento efectivas, en los que México ha sido partícipe:

- Iniciativa norteamericana sobre forzantes del clima de vida corta;
- Iniciativa global sobre metano;
- Fondo prototipo mundial de metano del *Methane Blue Ribbon Panel*;
- Iniciativa del PNUMA sobre carbón negro y metano, y
- Propuesta trilateral de Norteamérica sobre hidrofluorocarbonos (HFC).

Aunque el efecto es rápido y de corto plazo, la reducción de emisiones de estos agentes de vida corta no sustituye el abatimiento de CO₂, y ambos objetivos deben armonizarse desde las etapas iniciales del diseño de planes y políticas, para capturar el mayor potencial de mitigación posible. En el contexto de una estrategia de abatimiento multi-gas, que considere también a los AFVC, puede obtenerse un gran porcentaje de las reducciones en emisiones de GEI reduciendo gases distintos al CO₂, lo que facilitaría el cumplimiento de las metas de mitigación. Para lograr un esquema de intercambio de abatimiento de emisiones de GEI es necesario contar con una metodología pragmática, robusta y consensuada sobre la métrica a emplear para evaluar el intercambio entre emisiones de diferentes gases²⁵. Un esquema de intercambio de emisiones con enfoque multi-gas puede incrementar la factibilidad de financiamiento de las iniciativas de mitigación y también favorecer muchas de las iniciativas de abatimiento de gases distintos al CO₂, que ya son competitivas económicamente con aquellas dirigidas a CO₂ exclusivamente (como algunos proyectos de abatimiento de metano).

3.4 Programas voluntarios del sector privado

3.4.1 Programa GEI México²⁶

El Programa GEI México es un programa voluntario de contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero y promoción de proyectos de reducción de emisiones. Funciona como una alianza público-privada, coordinada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) del Consejo Coordinador Empresarial (CCE). El programa cuenta con el apoyo técnico del World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Actualmente, más de 40 % de las empresas que participan en el programa cuenta con

una estrategia de reducción de emisiones de GEI, con la que han elaborado proyectos de reducción de (o identificado maneras de reducir) emisiones, e incluso algunas de ellas han logrado participar en mercados de carbono.

El Programa GEI México emplea un sistema de reconocimiento con tres niveles consecutivos:

- Empresas que contabilizan y reportan sus emisiones de GEI y su intensidad de carbono.
- Empresas que registran su inventario y cuentan con un programa de reducción de emisiones de GEI. Los inventarios registrados son verificados por un organismo acreditado.
- Empresas que comprueban ante terceros, que funcionan como verificadores, la reducción de emisiones de GEI, o la mejora en su intensidad de carbono.

Los avances a la fecha:

- 155 empresas inscritas.
- 100 inventarios corporativos de emisiones de GEI registrados.
- 6 empresas con reconocimientos GEI2.
- 94 empresas con reconocimientos GEI1.
- 121 MtCO₂e de emisiones contabilizadas (que equivalen a 16 % de las emisiones totales del país en 2010).

3.4.2 Economía Verde Empresarial

La SEMARNAT opera este esquema para aumentar el desempeño ambiental de las empresas de capital privado e impulsar así modelos de crecimiento verde. Se operan dos programas voluntarios de forma concertada.

²⁵ Van Vuuren, Weyant y de la Chesnaye (2006).

²⁶ SEMARNAT, CCE, CESPEDES, WRI, WBCSD (2012).

Programa Nacional de Auditoría Ambiental²⁷

La auditoría ambiental es una evaluación que lleva a cabo la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) a los procesos de las empresas, que son calificados con base en la contaminación, el riesgo ambiental, el cumplimiento de la normatividad aplicable y los parámetros internacionales de buenas prácticas de operación e ingeniería. El ingreso al programa es de carácter voluntario y con él se promueve la identificación de oportunidades de mejora en la eficiencia de los procesos y de instrumentación de proyectos de reducción de emisiones e incremento de la competitividad.

En caso de aprobar esta auditoría, la PROFEPA otorga un certificado ambiental (figura 3.6).



En este Programa participan más de 6,000 empresas, de las cuales más de 2,400 están certificadas. Las medianas y grandes empresas que participan por primera vez recuperan su inversión en 1.3 años en promedio.

Liderazgo Ambiental para la Competitividad

Este programa tiene como objetivo incrementar la eficiencia y competitividad de las pequeñas, media-

nas y grandes empresas, por medio de proyectos de eco-eficiencia orientados a:

- Reducir el consumo de agua.
- Disminuir el uso de energía eléctrica y térmica.
- Evitar la generación de residuos.
- Reducir el consumo de materiales e insumos.
- Eliminar o reducir cualquier otro recurso que no agregue valor a las actividades de las empresas.

El programa es gratuito, voluntario, no regulatorio y sin convenios. Promueve que las empresas definan sus propios proyectos de mejora y ofrece resultados tangibles a corto plazo. Además, permite a las empresas trabajar en conjunto con otras de distintos giros, lo que favorece la transferencia de buenas prácticas. Las empresas participantes que logran concretar proyectos de eco-eficiencia aumentan la eficiencia de sus procesos y operaciones, reducen sus costos de operación, fortalecen las relaciones con clientes y proveedores, desarrollan nuevas oportunidades de negocio e incrementan las habilidades de su personal.

En promedio, la combinación de estos programas tiene los siguientes resultados²⁸:

- Emisiones evitadas de 18 MtCO₂e.
- Ahorro de 198 millones de metros cúbicos de agua.
- Generación evitada de 18 millones de toneladas de residuos.
- Más de 7 GWh de ahorro en el consumo de energía.
- 50,000 m² de suelos remediados y restaurados por las empresas certificadas por el Programa Nacional de Auditoría Ambiental²⁹.

28 SEMARNAT (2012a).

29 PROFEPA (2012).

27 PROFEPA (2012).

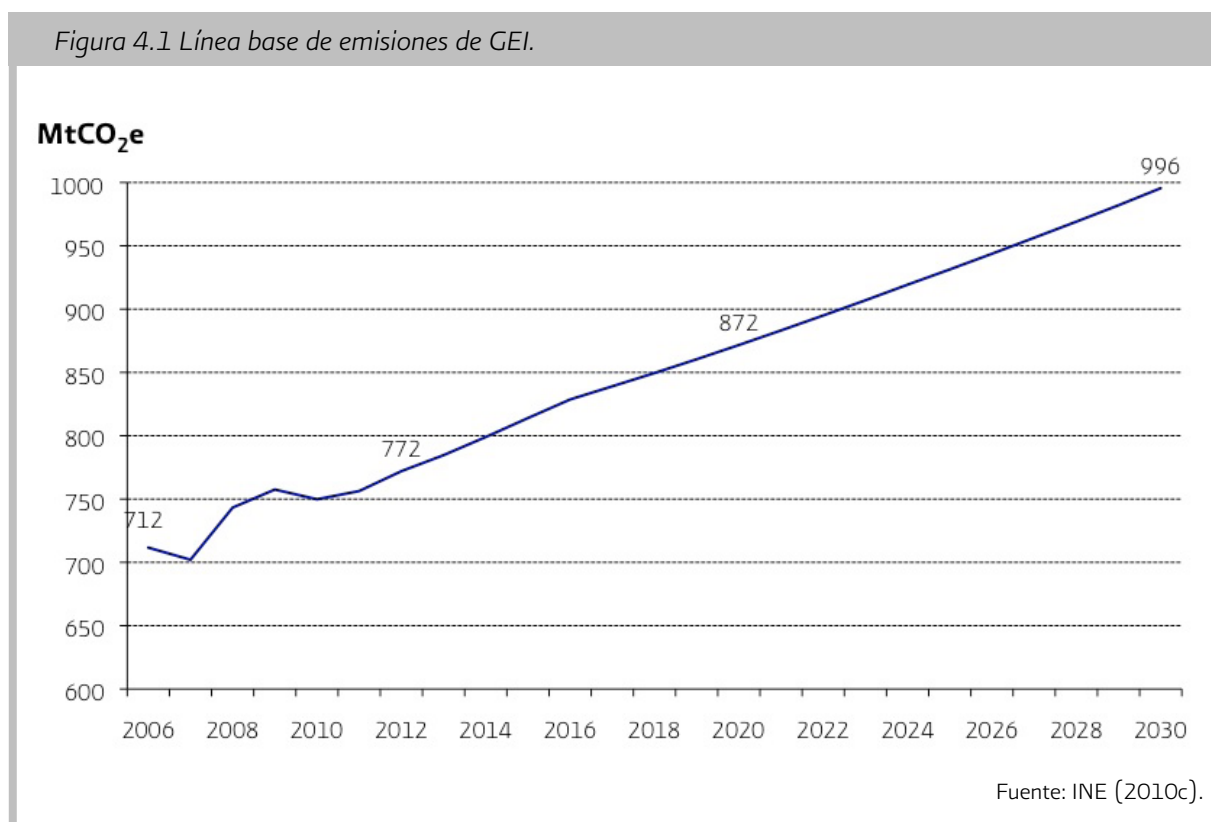
4. ESCENARIO DE REFERENCIA

4.1 Línea base de emisiones

La línea base o escenario tendencial es una proyección razonable de las emisiones de GEI que se darían en ausencia de acciones de mitigación. La línea base se construye con los datos del Inventario Nacional de Emisiones de GEI (INEGEI) y de las Prospectivas

del Sector Energía³⁰. En el estudio Potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en México al 2020 en el contexto de la cooperación internacional se revisó y actualizó la línea base de emisiones GEI para México (figura 4.1). Esta actualización supone, para el periodo 2006 – 2020, un crecimiento promedio anual del PIB de 2.3 %.

Figura 4.1 Línea base de emisiones de GEI.



De acuerdo con la línea base las emisiones de GEI de México alcanzarían 872 MtCO₂e en 2020 y 996 MtCO₂e en 2030 sin acciones de mitigación (figura 4.2).

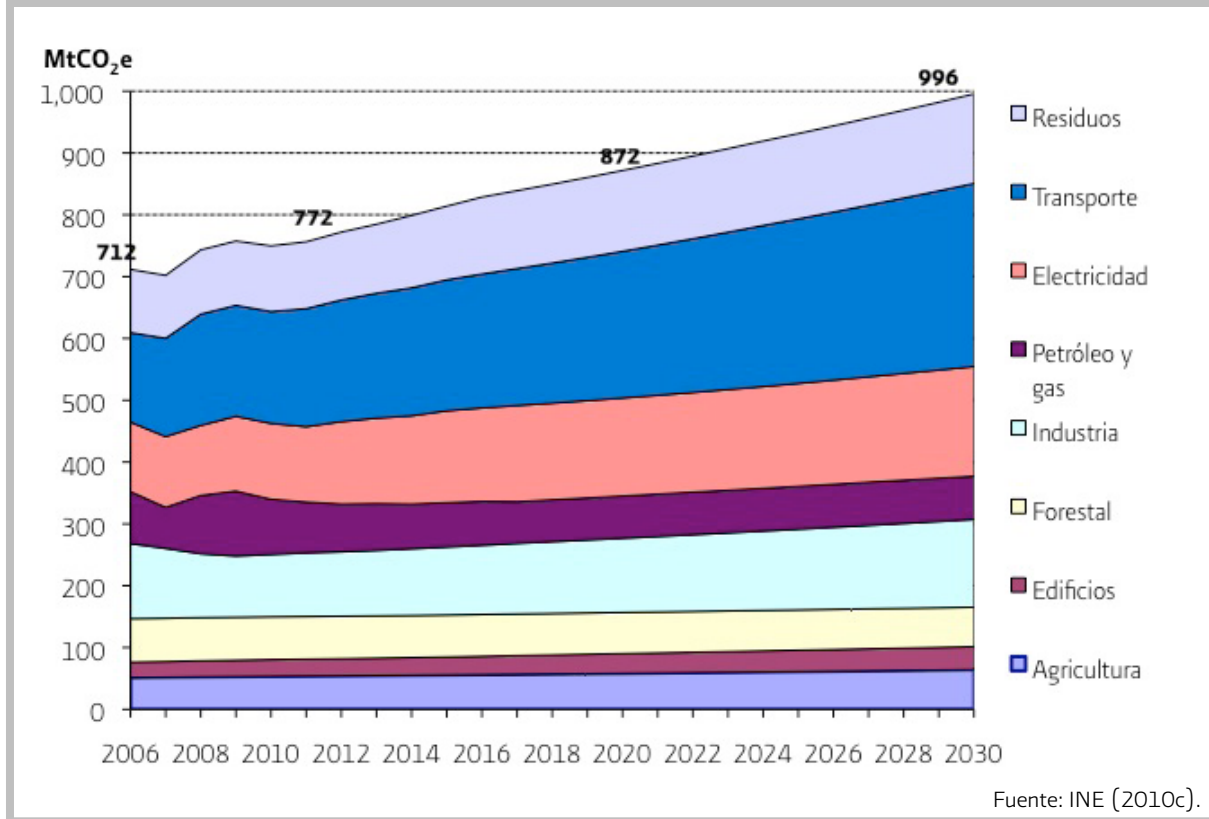
El escenario tendencial es un insumo clave para el diseño del componente de mitigación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, que mandata la LGCC, y es una referencia para establecer los

³⁰ SENER es responsable de elaborar los siguientes instrumentos programáticos: Prospectiva del sector eléctrico, Prospectiva de petrolíferos, Prospectiva del mercado de gas natural, Prospectiva del mercado de petróleo crudo y Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo.

compromisos de mitigación que el país puede asumir ante otros países. La línea base es una proyección y es sensible a los supuestos considerados, en especial el de la evolución del precio de los combustibles

fósiles, crecimiento demográfico y tasa de crecimiento de la economía. En su elaboración y actualización han participado miembros del sector público y privado.

Figura 4.2 Línea base de emisiones de GEI por sector.



5. POTENCIAL DE ABATIMIENTO, ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LA MITIGACIÓN

5.1 Potencial de abatimiento

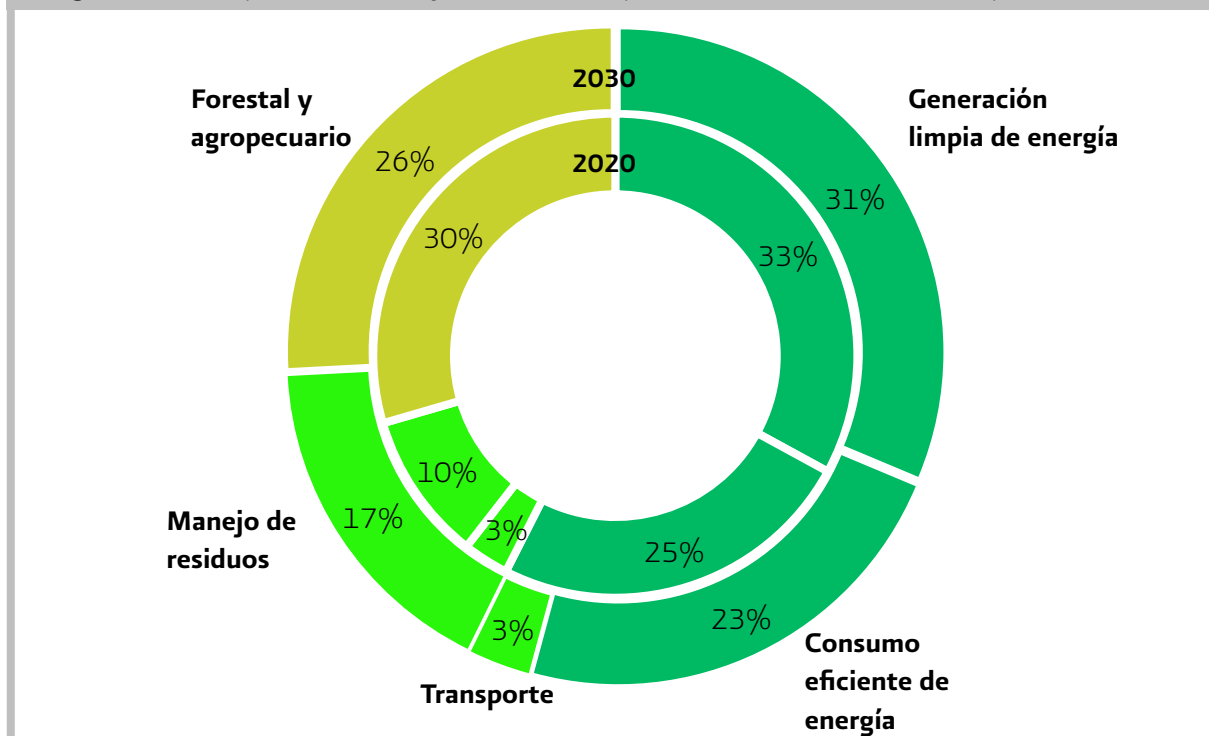
Con un escenario tendencial definido, considerando además la intensidad de carbono en los sectores productivos en México, se identificaron las principales acciones que pueden significar una reducción de emisiones de GEI. Para cada una de estas acciones, se evaluó el potencial teórico de abatimiento al 2020 y al 2030. La suma de los potenciales individuales corresponde al potencial teórico de reducción de emisiones de GEI para México (figura 5.1).

Para el 2020, el potencial identificado es de 261 MtCO₂e. De lograrse, representaría una reducción de 30 % con respecto a la línea base de las emisiones de

GEI del escenario tendencial. Hacia el 2030, el potencial de abatimiento se ha calculado en 523 MtCO₂e, que correspondería a una reducción de 53 % de las emisiones con respecto al escenario tendencial.

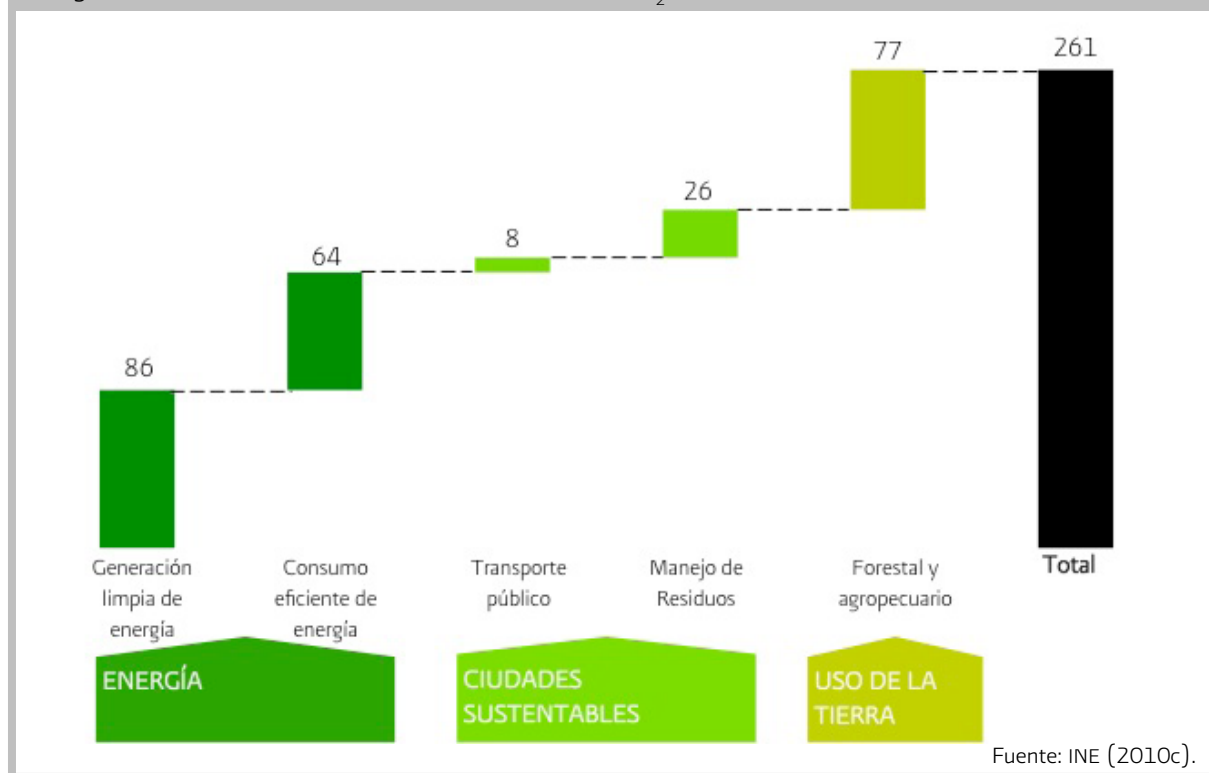
Por simplicidad y congruencia con las metodologías internacionales recomendadas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (PICC)³¹, las más de 130 iniciativas de mitigación consideradas han sido agrupadas en tres grandes áreas (o ejes rectores): energía, ciudades sustentables y uso de la tierra. La gráfica de la figura 5.2 muestra el potencial de abatimiento al 2020 para cada uno de estos ejes, en millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e).

Figura 5.1 Participación de cada eje temático en el potencial teórico de abatimiento para México.



31 PICC (2006).

Figura 5.2 Potencial de abatimiento en México, MtCO₂e.



5.2 Curva de costos

La curva de costos marginales de abatimiento introduce el criterio de costo-efectividad. Dado un objetivo de abatimiento de emisiones, permite evaluar la mejor forma de alcanzarlo al menor costo posible. La curva de costos analiza datos técnicos y costos económicos incrementales para diferentes alternativas de abatimiento utilizando un enfoque ascendente, de abajo a arriba. En el eje horizontal se grafica el potencial de abatimiento de cada iniciativa (en toneladas de CO₂e). En el eje vertical se grafica el costo marginal de abatimiento (monto por cada tonelada de CO₂e evitada o reducida). Las acciones incluidas en la curva de costo integran el escenario bajo en carbono (figuras 5.3 y 5.4).

El eje horizontal expresa el potencial acumulado de abatimiento teórico de emisiones, y el eje vertical muestra el costo marginal por tonelada abatida (o evitada).

El costo marginal se calcula dividiendo la inversión incremental entre las toneladas de carbono evitadas. La inversión incremental es el diferencial entre el capital requerido para implementar la opción tecnológica baja en carbono y la opción tecnológica que hubiese sido utilizada en el escenario tendencial.

Los costos marginales de abatimiento se ordenan en forma creciente. Del lado izquierdo de la curva se encuentran aquellas iniciativas y acciones cuyo costo marginal de abatimiento es negativo, y que representan un ahorro neto con respecto al escenario tendencial. Este tipo de acciones incluye aquellas de eficiencia energética y operativa.

Hacia el centro de la gráfica se localizan las iniciativas cuyo costo marginal de abatimiento es cercano a cero. Por ejemplo, las del sector energía, incluyendo proyectos de generación de electricidad en plantas mini-hidroeléctricas o geotérmicas.

Figura 5.3 Curva de costos de abatimiento de emisiones de GEI al 2020, euros por tCO₂e.

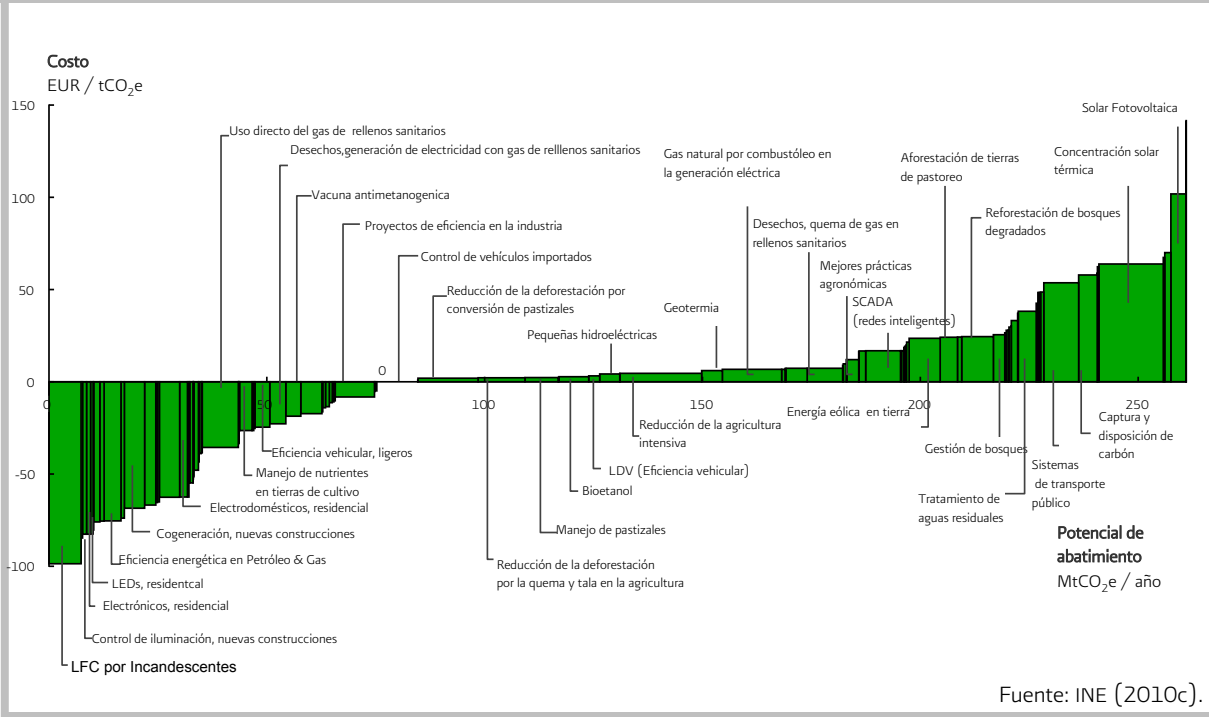
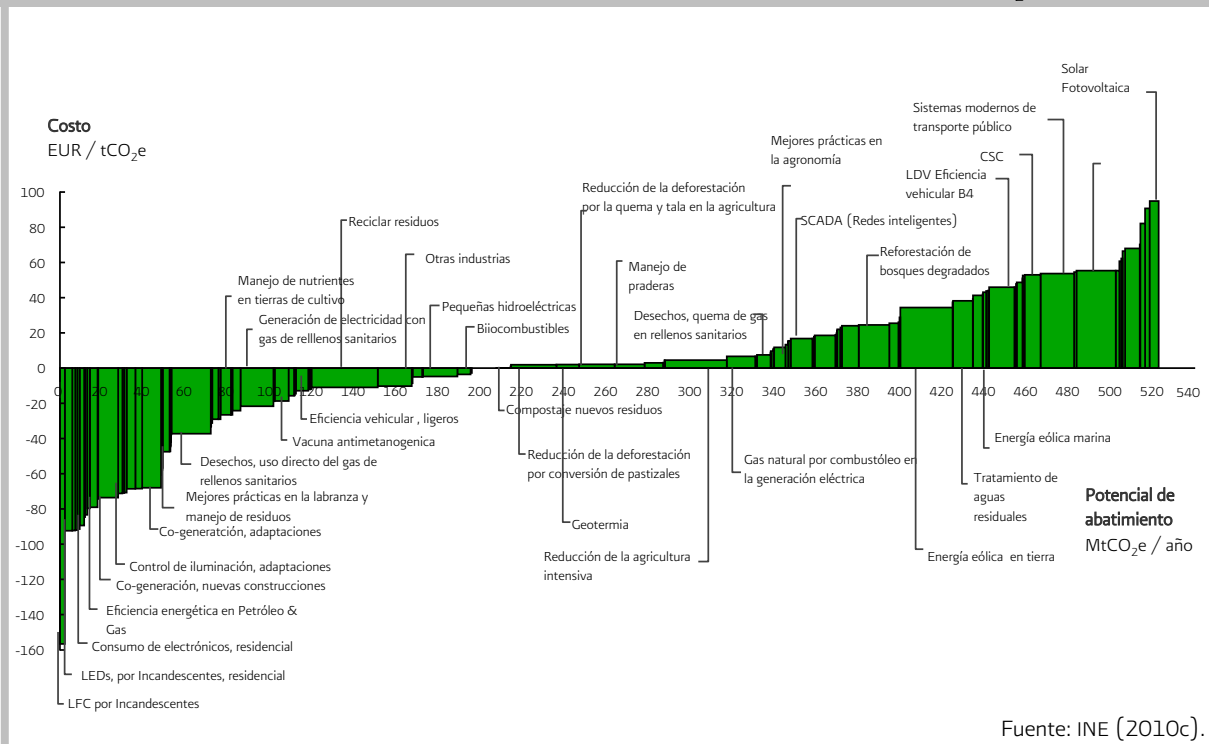


Figura 5.4 Curva de costos de abatimiento de emisiones de GEI al 2030, euros por tCO₂e.



Finalmente, del lado derecho de la curva se observan aquellos proyectos que representan costos incrementales para la economía, ya que:

- La infraestructura involucrada requiere altas inversiones o tiene altos costos de operación en comparación con las tecnologías consideradas en el escenario tendencial.
- Son iniciativas que requieren desarrollo tecnológico, por lo que las emisiones abatidas por dólar invertido son poco significativas.
- La inversión incremental es muy alta. La tecnología convencional que se intenta sustituir por alternativas bajas en carbono tiene costos muy bajos, lo que resulta en costos marginales elevados. Esto es común cuando las externalidades ambientales no son consideradas en el cálculo de los costos.

Las acciones de este último tipo incluyen proyectos para la generación eléctrica en campos eólicos marinos, o de captura y almacenamiento de CO₂ en yacimientos geológicos. Para que este tipo de proyectos sean atractivos económicamente, se requiere abaratar los costos o mejorar el rendimiento de las tecnologías involucradas.

El costo ponderado de abatimiento para todas las acciones se incrementa hacia 2030 (cuadro 5.1), ya que en un horizonte más largo se incrementa el potencial de abatimiento, lo que implica altas inversiones y presenta un costo mayor con respecto al escenario tendencial.

Cuadro 5.1 Costo ponderado de abatimiento para México, dólares por tCO₂e.

Año	Potencial de abatimiento, tCO ₂ e	Costo ponderado de abatimiento, dólares/tCO ₂ e
2020	261	1.35
2030	523	2.36

Es importante hacer hincapié en que una curva de costos marginales de abatimiento está basada en un análisis estático, que debe ser actualizado periódicamente. Tanto el potencial de mitigación como los costos de abatimiento dependen del progreso tecnológico y de la evolución de precios en el mercado energético internacional, y están sujetos a las leyes de la oferta y la demanda. Los costos de abatimiento de emisiones de GEI son, además, sensibles a la tasa de interés del financiamiento, así como a los precios internacionales de los combustibles fósiles y al precio de la tecnología. El precio de las tecnologías depende de la tasa de avance tecnológico, del tipo de cambio vigente al momento de la inversión y de la posibilidad real que tienen, tanto productores como consumidores, de sustituir una tecnología por otra.

5.2.1 Barreras y cobeneficios

Existen iniciativas de mitigación con costos de abatimiento negativos que no han sido implementadas por la existencia de barreras que dificultan su ejecución y que pueden ser de diversa naturaleza. Incluyen, por ejemplo, el alto riesgo percibido para algunos proyectos de energías limpias que aumentan los costos de financiamiento, o el débil marco de gobernanza en ciertas localidades, que no es apto para la promoción de algunos proyectos.

Idealmente, el cálculo del costo marginal de abatimiento de cada iniciativa debería considerar, por un lado, el costo de vencer las barreras para su implementación, y por el otro, la cuantificación de los impactos positivos derivados o cobeneficios. Las curvas de costos son útiles en la primera etapa de análisis de las acciones de mitigación, ya que proveen información respecto al costo y los beneficios directos de cada iniciativa. Sin embargo, para la priorización final de las iniciativas de abatimiento es necesario un análisis más profundo de las barreras y los cobeneficios de cada alternativa.

Barreras comunes para las iniciativas de mitigación del cambio climático

En un estudio reciente, publicado conjuntamente por SEMARNAT, INE y CEMDA, se hace un recuento de las barreras más comunes para la implementación de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, que derivan de la estructura regulatoria y del marco legislativo vigentes en México³². A continuación se describen las principales barreras identificadas para los proyectos de mitigación en cada sector.

Generación limpia de energía

La transformación de la infraestructura energética hacia una baja en emisiones de bióxido de carbono no tiene, actualmente, el mismo nivel de importancia en la agenda de política energética que las preocupaciones respecto a la seguridad energética. Esta jerarquización de prioridades, sin embargo, no es estática, ya que algunas consideraciones de índole ambiental pueden convertirse en problemas de seguridad nacional cuando se introducen al debate; es el caso, por ejemplo, de los impactos que el cambio climático tendrá sobre sectores como la agricultura, el turismo y la manufactura en el largo plazo.

Ente las barreras identificadas para la implementación de proyectos de energías limpias, se encuentran:

- El costo de producción de la energía no considera las externalidades ambientales ni los impactos a la salud de la población. De modo que los proyectos de energía limpia no tienen prioridad ni se consideran sus beneficios en su evaluación. El incremento en la seguridad energética, por la mayor diversidad de fuentes en la matriz de generación de energía, debe también ser incluido en el proceso de planeación de la infraestructura energética nacional.

- Los proyectos para mejorar la eficiencia energética de las empresas paraestatales (PEMEX y CFE) no son prioritarios en el actual sistema de planeación, que favorece los proyectos rentables de extracción de crudo.
- Falta consolidar las condiciones regulatorias que detonen la formación de asociaciones público-privadas que puedan capturar las oportunidades de negocios en energías verdes.
- La infraestructura actual de gasoductos es insuficiente para soportar el cambio generalizado hacia el uso de gas natural para la generación de electricidad y como combustible en industrias privadas.
- La red del Sistema Eléctrico Nacional no está en condiciones óptimas para la inclusión masiva de fuentes renovables de energía en la matriz de producción nacional.

Uso eficiente de energía

Una barrera importante para el uso eficiente de la energía a nivel nacional es la actual estructura de subsidios. Los cambios de comportamiento que se requieren en este sector deben ser impulsados tanto por una señal de precios inequívoca (remoción paulatina y controlada de los subsidios), como por el fácil acceso a alternativas de mayor eficiencia, lo cual implica remover obstáculos al financiamiento de estas alternativas y apoyar la adopción de buenas prácticas.

Es importante tener una comunicación más cercana con la sociedad sobre los beneficios económicos de impulsar una transformación en los patrones de consumo hacia una mayor eficiencia y uso racional de los recursos.

32 INE, SEMARNAT, CEMDA (2011).



Transporte urbano

Los sistemas de planeación urbana y de transporte no son abordados de forma integral, no son homogéneos en todos los municipios del país, y no favorecen la eficiencia en el uso de recursos. Es necesario adoptar un enfoque global que considere la optimización del transporte, la planeación de infraestructura urbana y los indicadores de calidad de vida como parte del mismo sistema.

También se ha detectado que las tarifas controladas de transporte público no favorecen la inversión privada en proyectos.

Manejo sustentable de residuos

Se ha observado que los derechos y responsabilidades para el adecuado manejo y explotación de los residuos no están claramente definidos entre los diferentes niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), afectando la realización de proyectos integrales y sustentables. Usualmente, además, en materia de residuos sólidos urbanos, los tiempos requeridos para proyectos exitosos no coinciden con los tiempos políticos, ya que el periodo de recuperación de la inversión es más largo que la duración de la administración municipal, además de que estos asuntos no suelen ser considerados en el Plan de Desarrollo Municipal. Aunque se ha detectado que el reciclaje de los materiales de desecho puede generar ganancias, no existe una estructura productiva capaz de captarlo e impulsarlo como una actividad a nivel nacional, y falta desarrollar los mercados adecuados que concreten estas oportunidades.

Por otro lado, los subsidios al uso del agua potable no favorecen el uso racional de la misma, lo cual impacta negativamente en el volumen total de aguas que deben ser tratadas.

Uso de la tierra

No existe una coordinación inter-secretarial que permita resolver las tensiones que subyacen al uso

de la tierra en México. En algunos casos, los programas sectoriales generan incentivos cruzados que impiden el éxito de los proyectos de abatimiento de emisiones de GEI, tanto en el sector forestal como en el agropecuario. Por ejemplo, las políticas públicas que buscan maximizar la rentabilidad de la actividad ganadera usualmente incrementan el riesgo de deforestación.

Tampoco existen cadenas productivas que revaloricen los productos de una explotación agroforestal sustentable, basada en la conservación y el uso racional de los recursos. Es necesario reducir asimetrías de información entre el productor y el consumidor. Las capacidades locales no tienen el grado de desarrollo para generar proyectos productivos que generen renta sostenible y no dependan de subsidios a fondo perdido.

Finalmente, no existen las metodologías apropiadas de valuación del carbono almacenado en los ecosistemas nacionales (incluidos los indicadores relevantes), ni las capacidades para vigilar y regular el cumplimiento cabal de las disposiciones legales en la materia.

Cobeneficios de la mitigación del cambio climático

Las ventajas indirectas de los proyectos y acciones de abatimiento de emisiones de GEI pueden agruparse en tres categorías básicas: aumento de la productividad, impactos positivos en la salud de la población y mejora de las condiciones de vida en general.

Incremento en la productividad

La adopción de buenas prácticas, por ejemplo, la inversión en medidas de eficiencia energética y el uso racional de recursos estratégicos para la industria, genera ahorros económicos que suelen estar

considerados en los análisis de costo-eficiencia de estas medidas. Sin embargo, existen otros impactos positivos en la productividad nacional, derivados de muchas de las acciones de mitigación, que no se contabilizan. Por ejemplo, la optimización de rutas de transporte urbano, la planeación urbana y los proyectos de transporte masivo suelen reducir congestiones en la infraestructura vial, disminuyendo los tiempos de traslado y los costos de operación y mantenimiento de los vehículos privados, aumentando la eficiencia en la movilidad de los habitantes. Estos efectos positivos rara vez se consideran y son importantes.

Impactos positivos en la salud

La reducción de emisiones de GEI suele estar acoplada a una reducción de los contaminantes locales provenientes del uso de combustibles fósiles. Una menor concentración de estas sustancias nocivas impacta positivamente en la salud de los habitantes. La estimación de estos beneficios se mide con base en indicadores de impacto negativo en la salud de las personas por tipo de contaminante.

1. Impactos crónicos: como la mortalidad prematura, las enfermedades cardiorrespiratorias, cardiopulmonares y cardiovasculares, la incidencia de cáncer de pulmón y las enfermedades respiratorias crónicas (asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, etcétera).
2. Impactos agudos: como las admisiones a hospitales por enfermedades respiratorias o cardiovasculares, el uso de medicamentos para el tratamiento de síntomas de estas enfermedades, los días de actividad restringida o el ausentismo escolar y laboral.
3. Impactos reproductivos: como las complicaciones durante el embarazo, el nacimiento de bebés con bajo peso o los partos prematuros³³.

32 INE, SEMARNAR, CEMDA (2011).

32 OMS (2000).

Los cobeneficios en salud de las acciones de mitigación se traducen también en ahorros económicos, derivados, por ejemplo, de la menor asistencia médica requerida y del aumento en las horas-hombre trabajadas totales gracias a una disminución en la incidencia de enfermedades asociadas. Los estudios epidemiológicos más recientes muestran que muchos contaminantes tienen efectos negativos en la salud aun en bajas concentraciones³⁴.

Mejoría en las condiciones de vida

En esta categoría se consideran aquellos beneficios intangibles que son de difícil cuantificación y valoración.

El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP)—que deriva de un fideicomiso administrado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras) y que tiene como propósito contribuir a optimizar el uso de los recursos destinados a la rea-

lización de proyectos y programas de inversión—ha publicado guías metodológicas para la valuación de algunos de estos cobeneficios en proyectos específicos. A continuación se enlista una serie de cobeneficios que pueden servir como indicadores en la evaluación de este tipo de impactos en proyectos de residuos sólidos, por ejemplo³⁵.

- Mejoramiento de la imagen urbana.
- Disminución de la contaminación.
- Disminución y eliminación de malos olores.
- Disminución de enfermedades.
- Disminución de fauna nociva.
- Disminución de peligro de incendio en los sitios de disposición final.
- Disminución de la erosión del suelo.

34 INE (2012b).

35 CEPEP (2008).

6. ANÁLISIS SECTORIAL PARA EL DESARROLLO BAJO EN EMISIONES

A continuación se presenta un análisis que profundiza e identifica prioridades, necesidades y barreras identificadas para la captura del potencial de abatimiento en cada uno de los ejes temáticos definidos en el marco conceptual (figura 6.1).

Energía

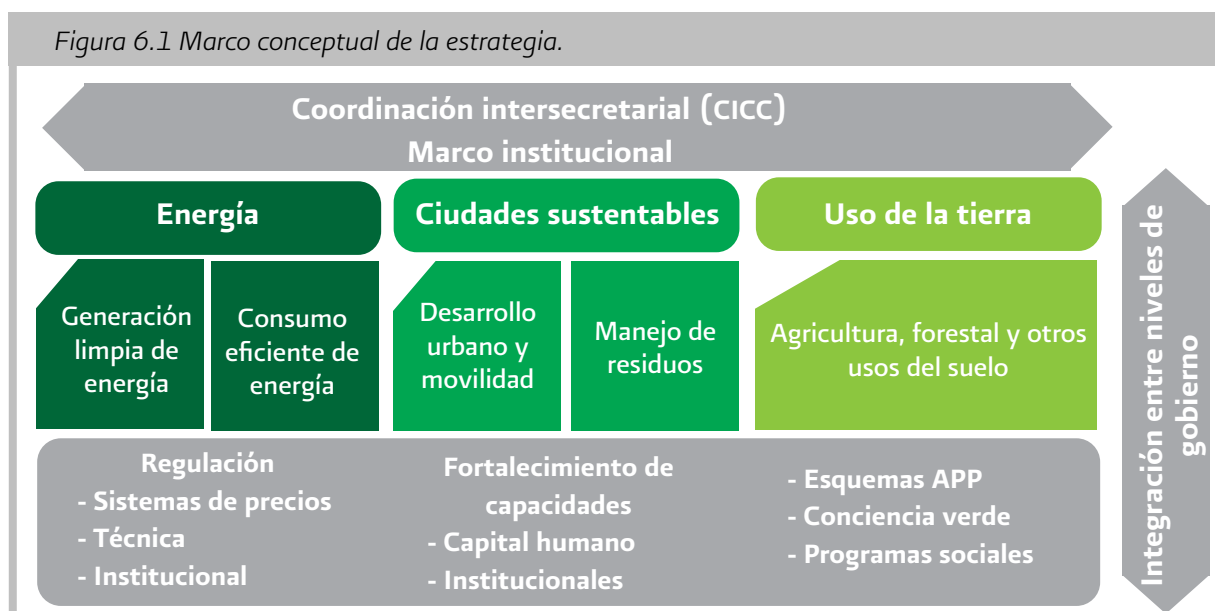
México es un país con una economía fuertemente ligada a la producción de combustibles fósiles, en particular de petróleo crudo. El sector energético, que incluye los rubros de electricidad e hidrocarburos, se encuentra fuertemente regulado en el país. En la reforma de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), que se concretó en 1992, se definen las actividades que no constituyen servicio público de energía eléctrica, con lo que se abrieron las puertas a la participación del sector privado en la generación de energía eléctrica.

Se han identificado dos áreas básicas con acciones importantes de mitigación en el área de energía: la generación limpia y el consumo eficiente.

La actual política energética del país contempla mecanismos que han permitido disminuir el consumo de combustibles fósiles. Se han introducido consideraciones en materia de sustentabilidad en el Plan Nacional de Desarrollo, así como en la Estrategia Nacional de Energía y en el Programa Sectorial de Energía.

El escenario bajo en carbono considera iniciativas para mejorar la eficiencia energética en las operaciones de las paraestatales productoras de energía (PEMEX y CFE), e incrementar la capacidad instalada de generación de energía renovable tanto por parte del gobierno (CFE), como por parte de los productores independientes de energía.

La otra dimensión considerada en el tema de la energía es la promoción del consumo eficiente. Para ello, se analizan acciones como la estandarización y certificación de productos electrodomésticos comunes, el aumento en la eficiencia del transporte privado y el ahorro de energía en procesos industriales.



Ciudades sustentables

El 78% de la población nacional vive en núcleos urbanos³⁶. Por ello, es importante considerar las acciones de mitigación que inciden sobre las ciudades, cuya implementación es competencia de los gobiernos locales. En este tema se analizan iniciativas relacionadas con la infraestructura del transporte público, el manejo de residuos municipales y el tratamiento de aguas residuales.

En general, una vez que la estructura de una ciudad está establecida, es muy difícil modificarla. La planeación urbana tiene efectos importantes en el uso de la energía y los recursos, y, por consiguiente, en la presión que ésta ejercerá sobre el medio ambiente y el cambio climático. Los procesos de planeación urbana deben reforzarse y considerar acciones que reduzcan las emisiones y posibiliten la adaptación al cambio climático.

Uso de la tierra

México tiene un potencial importante de captura de carbono en sistemas biológicos como los bosques y las selvas. Dadas las presiones bajo las que se encuentran los sistemas forestales, que los llevan a ser usados para actividades agropecuarias o para el desarrollo urbano, es necesario integrar estrategias de reducción de emisiones por el cambio de uso de la tierra.

En esta sección se abordan intervenciones en el sector forestal (reforestación, aforestación y deforestación evitada), en el sector agropecuario (por ejemplo, el tratamiento de residuos ganaderos o la planeación de áreas de pastoreo) y en las estrategias de coordinación inter-sectorial que ayudarían a reducir las tensiones sobre los ecosistemas naturales de México.

³⁶ INEGI (2010).

³⁷ CRE, GTZ (2010).

6.1 Generación de energía más limpia

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) establece que:

La Secretaría de Energía fijará como meta una participación máxima de 65 % de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60 % en el 2035 y del 50 % en el 2050.

Mientras tanto, la LGCC establece que:

SENER, en coordinación con la CFE y la CRE, promoverá que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energías limpias alcance por lo menos 35 % para el año 2024.

Modalidades de generación e importación de energía eléctrica

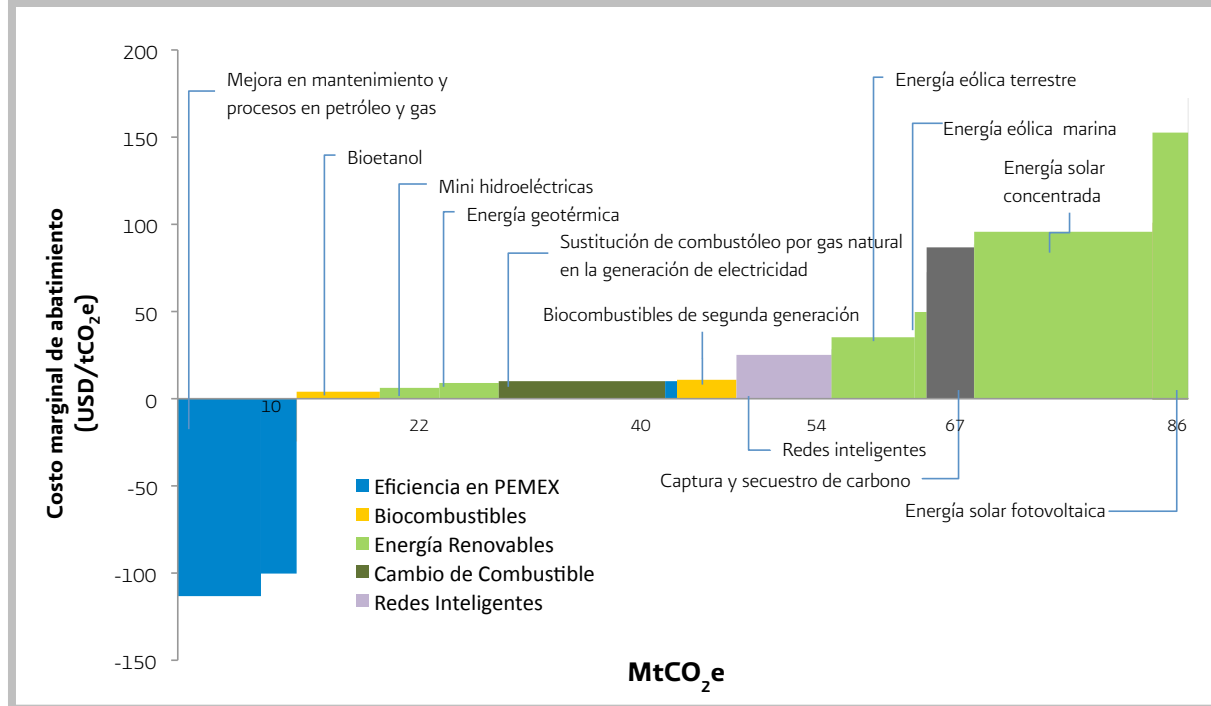
La LSPEE establece en su artículo tercero las siguientes modalidades no consideradas como servicio público y a través de las cuales, las personas físicas o morales pueden generar, importar o exportar energía. Todas las modalidades requieren un permiso otorgado por la Comisión Reguladora de Energía, excepto si el consumidor final es usuario residencial o comercial (cuadro 6.1)³⁷.

La gráfica de la figura 6.2 se deriva de la curva de costos y se enfoca en las acciones específicas de mitigación dentro de la categoría de generación limpia de energía. El ancho de cada barra indica el potencial de abatimiento, mientras que la altura indica el costo marginal de abatimiento. Las acciones se han agrupado por colores según el tipo de proyecto.

Cuadro 6.1 Modalidades de generación e importación de energía eléctrica.

	Consumidor final / Socio	Límite de la capacidad instalada	Contraprestación por el Socio	Contraprestación por CFE	Costos de servicios de transmisión
Autoabastecimiento	Usuario residencial (pequeña escala)	≤ 10 kW		1:1 Net metering (medición neta)	
	Usuario comercial (mediana escala)	≤ 500 kW		Intercambio de energía	
	PYME o Industria (energías renovables)	> 500 kW	Contratos bilaterales entre los socios	Banco de energía para excedentes	Metodología estampilla postal
Cogeneración	Usuario comercial (mediana escala)	≤ 500 kW		Intercambio de energía	
	PYME o Industria (cogeneración eficiente)	> 500 kW	Contratos bilaterales entre los socios	85 % del CTCP para los excedentes	Metodología estampilla postal
Productor Independiente	CFE, con licitación	>30 MW		Pago por energía y capacidad	
Pequeña producción	Comunidad rural	≤ 1MW	Contratos bilaterales entre los socios		
	CFE, con licitación	≤ 30 MW		Pago por energía y capacidad	
	CFE, sin licitación	≤ 30 MW		Pago hasta 98 % del CTCP por energía y capacidad	
Exportación	Exportación a través de Cogeneración, Pequeña producción o Productor Independiente	> 500 kW	Contratos bilaterales entre los socios		Metodología de fuentes firmes
Importación	Importación por usos propios	> 500 kW			Metodología de fuentes firmes

Figura 6.2 Potencial de abatimiento al 2020 por la generación de energía limpia.



6.1.1 Energías renovables

Energía solar fotovoltaica

El potencial teórico de generación solar en México es de 244 TWh, equivalente al 95 % de la generación bruta nacional en 2011. Para alcanzar este potencial se requeriría cubrir el 0.05% del territorio nacional con granjas solares³⁸. La Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica estima que en México se podrían desarrollar entre 7.4 y 9.0 GW de energía solar para el 2020. El Explorador de Recursos Renovables, iniciativa conjunta de SENER y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, identifica a los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Chihuahua como los de mayor potencial para la generación fotovoltaica³⁹.

Baja California Sur es quizá el terreno más fértil en la materia, y presenta los costos marginales de generación eléctrica más altos del país por estar aislada del Sistema Eléctrico Nacional y contar con una infraestructura de generación basada en plantas termoeléctricas que utilizan combustóleo.

La cartera de proyectos de generación solar fotovoltaica programados por el sector público federal tendrán una capacidad conjunta de 61 MW. Los proyectos privados registrados ante la CRE suman 35 MW adicionales⁴⁰.

Los altos montos de la inversión inicial requerida para la instalación de sistemas fotovoltaicos, junto con la falta de financiamiento, desincentivan la popularización de esta alternativa. Por ello, es reco-

38 CESPEDES (2012).

39 Con una irradiación solar global mayor o igual a 7.0 kWh/m² al día. En contraste, Chiapas y Tabasco promedian 5.3 kWh/m² al día, resultado de un mayor número de días nublados al año.

40 Análisis propio basado en información de permisionarios de CRE (2012).

mendable empaquetar los créditos para la instalación de generación fotovoltaica con los créditos hipotecarios, priorizando aquellas entidades federativas con mayor potencial solar. Es posible implementar el mismo esquema utilizado por el Programa de Hipotecas Verdes del INFONAVIT, en el que el crédito se hace pagadero de acuerdo con los ahorros energéticos que producen las tecnologías instaladas.

La inversión en sistemas fotovoltaicos es una opción rentable para los hogares con tarifa doméstica de alto consumo (DAC), ya que les permite reducir el consumo de electricidad proveniente de CFE y acceder a tarifas con subsidio. Esta aplicación conlleva un costo social, pues incrementa el gasto público por concepto de subsidios.

Respecto a la curva de aprendizaje de la industria fotovoltaica, el precio disminuye en 24 % cada vez que se duplica el total de la capacidad instalada⁴¹. En el momento en que la tecnología solar fotovoltaica alcance paridad de red, los proyectos solares generarán una renta sostenible, y no dependerán de subsidios a fondo perdido.

Energía geotermoeléctrica

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) de la CFE realizó una estimación volumétrica del potencial geotérmico total de México, con base en un catálogo de 1,300 manifestaciones termales. En 2012, la CFE estimó el potencial posible en 7,423 MW, el potencial probable en 2,077 MW, y las reservas probadas en 186 MW⁴², adicionales a los 964.5 MW de capacidad instalada⁴³. Entre los países miembros de la OCDE, México es el segundo productor de geotermoelectricidad, con 6.5 TWh en 2011.

La cartera de proyectos geotermoeléctricos, publicada por SENER en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2010–2015, suma 434 MW de capaci-

dad instalada adicional, en ocho proyectos ubicados en los estados de Michoacán, Puebla, Baja California y Jalisco.

La productividad y la vida útil de los pozos geotérmicos determinan la rentabilidad de estos proyectos. Si bien la inversión inicial es alta, una planta geotérmica tiene costos bajos de mantenimiento y un alto factor de carga. El costo nivelado de generación geotermoeléctrica ronda los 93 USD/MWh, mientras el costo nivelado para ciclos combinados es de 55 USD/MWh, y para turbogás de 151 USD/MWh⁴⁴. La disparidad en costos es la principal barrera para la geotermia, y se debe principalmente a que la etapa de exploración es intensiva en capital e intrínsecamente riesgosa.

Para hacer atractiva esta opción, se identifican las siguientes líneas de acción:

- Impulsar el desarrollo tecnológico que reduzca los costos y riesgos de exploración.
- Internalizar las externalidades ambientales en la generación de energía para incrementar la competitividad de las tecnologías limpias.
- Desarrollar mecanismos de financieros (distribución del riesgo o mercados de carbono).
- Definir los derechos de explotación geotermoeléctrica en el marco jurídico.

Entre los posibles mecanismos de financiamiento, puede desarrollarse un fondo para la distribución del riesgo de perforación. Este esquema motiva a los desarrolladores a utilizar el fondo aportando el monto máximo de exploración rentable a cambio de duplicar el techo de inversión en las actividades de exploración, lo que incrementa la posibilidad de un desarrollo rentable.

41 Bloomberg New Energy Finance (2012).

42 CRE (2011b).

43 SENER (2009).

44 SENER (2012b).

El régimen jurídico actual no ofrece garantías a los particulares sobre la explotación exclusiva del recurso geotérmico. La explotación de recursos de agua subterránea se otorga a particulares mediante la concesión de cierto volumen anual de agua extraída, no sobre cierta área geográfica. Un primer inversionista privado no puede impedir que un oportunista extraiga recursos geotérmicos del mismo yacimiento sin compartir los riesgos y costos de exploración.

Energía eólica

En 2011, la generación eólica representó 0.7 % de la generación total (con 1.25 % de capacidad instalada); la perspectiva de SENER establece alcanzar el 4.2 % en el 2020 (6.3% de capacidad instalada).

México tiene un potencial físico de generación eólica de 187 TWh, equivalentes a 72.8 % de la generación bruta nacional en 2011, si se cubriera el 10 % del territorio de los 22 estados con mayor potencial eólico⁴⁵. El gobierno federal, a través de la CFE, tiene tres proyectos de generación eólica en etapa de diseño, con lo que se alcanzará una capacidad de 230 MW. Adicionalmente, se están construyendo dos centrales eólicas (Rumorosa y Sureste) con una mitigación estimada de 2.89 Mt-CO₂e/año.

Por otro lado, hay 18 proyectos privados de generación eólica, en construcción o por iniciar operaciones, registrados ante la CRE, con capacidad instalada adicional de más de 2 GW, lo que significaría alcanzar 3.13 GW de generación eólica privada⁴⁶.

La naturaleza intermitente de la generación eólica hace necesario contar con capacidad de sin-

cronización y respaldo con otras tecnologías y fuentes de energía para garantizar estabilidad en el suministro de electricidad. Es importante considerar nuevas herramientas para dinamizar el despacho de carga, la capacidad de respaldo y niveles de reserva⁴⁷. El tiempo de trámite de los permisos impacta negativamente la tasa de retorno de la inversión en parques eólicos.

Las figuras de participación privada que más se han utilizado para el desarrollo de la energía eólica son: Producción Independiente de Energía (PIE), Autoabastecimiento Remoto y Exportación.

Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica contribuyó con el 14 % de la generación eléctrica nacional en 2011 (22 % de capacidad instalada). La cartera de proyectos hidroeléctricos de CFE suma 5.23 GW de capacidad instalada al 2025⁴⁸. Esta capacidad no considera la ampliación de plantas hidroeléctricas existentes, por una capacidad de 778 MW adicionales⁴⁹.

En la CRE hay registrados diez proyectos de generación privada mini-hidráulica (de hasta 30 MW de capacidad instalada) que entrarán en operación entre 2012 y 2015. La capacidad instalada total de estos proyectos se estima en 132.6 MW, adicionales a los 112 MW registrados en operación⁵⁰. Si bien estos proyectos no contribuirán significativamente a la generación eléctrica nacional, tienen su nicho en el autoabastecimiento industrial, en actividades productivas en el medio rural y en aquellas zonas que presentan altos costos de interconexión a la red. Adicionalmente, pueden ayudar a administrar de forma sustentable los recursos hídricos y a cerrar la brecha que existe entre oferta y demanda de agua.

45 CESPEDS (2012).

46 CRE (2012).

47 SENER (2012b).

48 SENER (2010d).

49 SENER (2010d).

50 Análisis propio basado en información de permisionarios de CRE (2012).

La rentabilidad de proyectos de pequeña, mini y micro generación es sensible a cambios hidrológicos de las cuencas, cambios en el uso del agua, cambios por disposiciones ecológicas y problemas en la tenencia de la tierra. Las entidades federativas con mayor potencial son Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Michoacán, Jalisco y Nayarit.

Exportación de energía renovable

El desarrollo del potencial eólico, solar y geotérmico en los estados fronterizos puede apoyarse en la exportación de electricidad a Estados Unidos. La exportación de energía eléctrica es una actividad que no constituye servicio público de energía eléctrica, por tanto, no requiere un permiso otorgado por la CRE.

Canadá vende sus excedentes de generación eléctrica a los Estados Unidos. En 2010, Canadá exportó 43.76 TWh de energía eléctrica que representaron ingresos por \$1.96 miles de millones de dólares. Los principales clientes de Canadá son los estados del norte de Estados Unidos, quienes aprovechan que la distancia geográfica entre plantas generadoras y centros de consumo es menor en dirección norte-sur, que en sentido este-oeste. El precio de un porcentaje de las ventas se fija a través de contratos bilaterales, y el porcentaje restante se comercia en el mercado eléctrico y su precio está sujeto a la oferta y la demanda.

En abril del 2011, California aprobó el proyecto de ley Senate Bill X1-2, en el que se establece el mandato de que, para el 31 de diciembre del 2020, una tercera parte de la energía eléctrica consumida en ese estado provenga de fuentes renovables. En 2011, el 14.5 % de la energía consumida provino de fuentes renovables. California consume anualmente aproximadamente 285 GWh de electricidad, de los cuales 30 % es importado de otros estados de la unión americana.

Un promotor de proyectos renovables mexicano puede optar por competir en el mercado eléctrico de California. En comparación con proyectos similares en los Estados Unidos, una planta en México incurre en menores costos de operación y mantenimiento. Además, la distancia geográfica a los centros de consumo es relativamente corta y los consumidores residenciales de California tienen una mayor disponibilidad a pagar un diferencial por el consumo de energía verde.

Biocombustibles

El desarrollo y uso de biocombustibles tiene un potencial de mitigación de 15 MtCO₂e al 2030. En 2008 se publicó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB), que busca promover y desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los bioenergéticos. En esta ley se consideran diferentes procesos de producción de biocombustibles, los cuales no deben comprometer la seguridad ni la soberanía alimentaria del país.

El INE ha establecido los criterios de sustentabilidad ambiental para fomentar la certificación ambiental del etanol anhidro, biocombustible que puede ser integrado a la matriz energética. El objetivo es garantizar que se tomen en cuenta los aspectos ambientales relacionados con su producción. Las operaciones para la producción de biocombustibles deben considerar la conservación de los ecosistemas, el uso sustentable del agua, la maximización de la eficiencia productiva y el desempeño ambiental, y la preservación de la calidad del suelo.

En dichos criterios, se establece que la elaboración de una Norma Oficial Mexicana sobre biocombustibles debe considerar que:

Las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de las mezclas que utilicen bioenergéticos deben ser menores, en 35 % o más, en comparación con

51. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (1 de febrero de 2008).

las correspondientes a los combustibles fósiles a los que sustituyan. A partir de 2019, la diferencia debe ser 50 % o más.

En 2010, PEMEX declaró desierta su primera licitación para adquirir etanol, el cual sería utilizado como oxigenante en la mezcla de la gasolina, dada la diferencia entre el precio ofertado por los participantes y el precio máximo que PEMEX se encontraba dispuesto a pagar. La fórmula utilizada por PEMEX para calcular el precio por litro de etanol anhidro está en función del costo de oportunidad del productor y de los precios internacionales de etanol anhidro, incluyendo los ajustes en logística, transporte, almacenamiento y distribución correspondientes⁵². Los productores nacionales de etanol anhidro se muestran escépticos a la posible creación de un mercado nacional para el etanol, dado el mínimo margen de ganancia que pueden obtener. En 2011, la SENER presentó el Programa de Introducción de Etanol Anhidro. Este programa tiene por objeto la introducción del etanol en la matriz energética con base en las condiciones reales del mercado y las capacidades nacionales de producción identificadas.

En el mediano plazo, es necesario revisar las políticas sobre el uso de la tierra y el uso del agua, ante la posibilidad de un crecimiento acelerado de la bioenergía, así como fortalecer el sector agroindustrial, el cual participará simultáneamente en los sistemas de suministro de energía y suministro de alimentos.

6.1.2 Cambio de combustible

Combustóleo y carbón por gas natural

En relación con la energía térmica convencional, las turbinas de gas de ciclo combinado tienen de 50 % a 62 % menos emisiones de GEI. Esta tecnología ha sido favorecida por los Productores Independi-

entes de Energía (PIE) por razones económicas, ya que tiene menores inversiones iniciales, menores costos fijos, menores tiempos de arranque, mayor disponibilidad y tiempos de instalación cortos.

En 2009, casi 60 % (437.8 mbdpce) de la demanda de energía primaria de CFE (749.5 mbdpce) se satisfizo con gas natural, cuya combustión genera menores emisiones de GEI por kWh, en comparación con otras fuentes fósiles⁵³. En los últimos años, la expansión de capacidad de generación de electricidad ha favorecido la utilización de carbón y gas natural en lugar de combustóleo. La migración a gas natural ha permitido reducir gradualmente la intensidad de carbono en la generación eléctrica nacional.

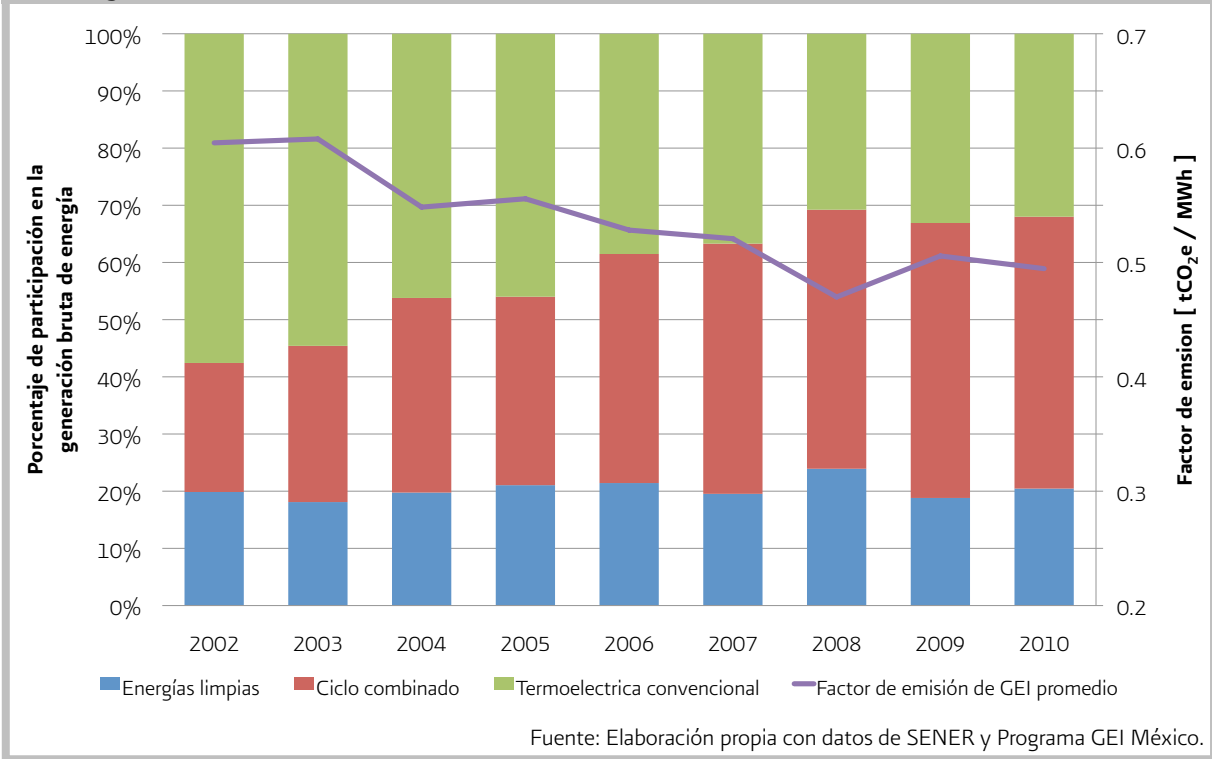
La figura 6.3 muestra la evolución de 2002 a 2010 de los consumos de combustibles utilizados en la generación eléctrica de CFE según su proporción (barras contra eje izquierdo). Puede observarse cómo la proporción de ciclo combinado (que utiliza gas natural) se ha incrementado de poco más de 20 % en 2002, a casi 50 % en 2010. También se ve la evolución del factor promedio de emisiones (línea contra eje derecho), que se ha reducido de más de 0.6 tCO₂e/MWh en 2002, a menos de 0.5 tCO₂e/MWh en 2010, lo que representa una disminución de más de 15 %.

Entre 2002 y 2010, la participación de los ciclos combinados que utilizan gas natural aumentó 26 puntos porcentuales en la matriz de generación de electricidad operada por CFE. Derivado de esto, el factor de emisión de electricidad promedio de todas las plantas operadas por CFE cayó de 0.6043 tCO₂e/MWh a 0.4946 tCO₂e/MWh. El potencial de mitigación, producto del cambio de combustible en el parque generador de CFE, se proyecta en 13.6 MtCO₂e/año en 2020 y 14.3 MtCO₂e/año en 2030.

52 SENER (2011b).

53 SENER (2010c).

Figura 6.3 Generación de energía por tipo de combustible y evolución del factor de emisión promedio en la generación eléctrica



Dentro de la cartera de proyectos en progreso se encuentra la sustitución de cinco plantas termoeléctricas convencionales, lo que genera un potencial de abatimiento de 2.5 MtCO₂e/año. El proyecto para sustituir la planta Puerto Libertad, en el estado de Sonora, se encuentra ya en fase de di-seño y tiene un potencial estimado de mitigación de 0.5 MtCO₂e/año.

El crecimiento del mercado de gas natural en México se ve restringido por la saturación de la capacidad de transmisión del Sistema Nacional de Gasoductos y la limitada cobertura geográfica de la red de ductos. No es posible garantizar la continuidad del suministro de gas natural al centro y occidente del país. La producción comercial de gas lutita (*shale gas*) en Estados Unidos ha conducido el precio del gas natural a la baja: el costo por millón de pies cúbicos de gas natural ha caído 40 % en los últimos cinco años. Si se desea incrementar la participación del gas natural en el mercado de ener-

géticos es necesaria la inversión en infraestructura de almacenamiento, transporte y distribución.

Si bien actualmente la tasa de sustitución de carbón por gas natural depende de los precios de los combustibles, la internalización de los costos ambientales en el costo de generación eléctrica permitirá replantear la planeación de la infraestructura nacional, del despacho de electricidad y de las condiciones de compra de energía a los productores independientes.

Energía nuclear

La SENER plantea, en la Estrategia Nacional de Energía 2012 - 2026, tres diferentes configuraciones de la matriz energética. Cada escenario considera diferentes combinaciones de tecnologías de generación eléctrica en las que 35 % de la generación proviene de fuentes no fósiles, tal como quedó establecido en la LAERFTE.

- En el primer escenario se incorporan 28,411 MW de centrales eólicas. Considerando la condición de intermitencia de la energía eólica, son necesarios 7,857 MW de capacidad de respaldo en equipos de turbogás.
- El segundo escenario incluye únicamente centrales nucleares, lo que significa incorporar al Sistema Eléctrico Nacional entre 9,800 y 11,200 MW de capacidad instalada.
- El tercer escenario representa una estrategia híbrida, en la cual se añaden 2,800 MW de capacidad nuclear y 20,900 MW de capacidad eólica hacia el 2024.

Respecto a la construcción de centrales nucleares, la Estrategia Nacional de Energía señala la necesidad de realizar más estudios sobre su viabilidad técnica y financiera, así como la necesidad de dialogar con los gobiernos de los estados para discutir su posible construcción. Es necesario continuar el estudio y alcanzar definiciones hacia el futuro en materia nuclear.

6.1.3 Eficiencia en energía primaria

Reducción de venteo y quema de gas en la producción

La Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) emitió las Disposiciones Técnicas para evitar o reducir la quema y el venteo de gas en los trabajos de exploración y explotación de hidrocarburos (Resolución CNH.06.001/09), en las que establece un mínimo de aprovechamiento de gas natural. Esta regulación se retoma y fortalece en la Estrategia Nacional de Energía.

La regulación mencionada estableció como elemento fundamental la planeación y ejecución de las inversiones necesarias para desarrollar la infraes-

tructura necesaria para evitar la quema y el venteo, y con ello lograr el correlativo aumento del aprovechamiento de gas. Se establecen dos líneas de acción en este sentido: el Programa de nivel máximo (o techo nacional) para alcanzar niveles de aprovechamiento de gas, y el Programa acelerado para reducir al mínimo la quema y venteo de gas en el Activo Integral Cantarell 2010–2012.

La reinyección de gas amargo en el complejo Cantarell ha permitido abatir emisiones de GEI cercanas a 13.7 MtCO₂e/año⁵⁴.

Para la explotación de yacimientos de gas no convencional y en yacimientos gasíferos en aguas profundas, es necesario identificar metodologías adecuadas para evaluar proyectos de aprovechamiento de gas en campos que cuenten con pozos e instalaciones geográficamente aisladas.

Mitigación de emisiones fugitivas en PEMEX

Durante la producción, transmisión y almacenamiento de gas natural, pequeñas cantidades de metano se fugan o ventean a la atmósfera. Si bien estas cantidades son relativamente pequeñas, el metano tiene un potencial de calentamiento global mucho mayor que el CO₂, como se comentó anteriormente.

La mitigación de emisiones fugitivas debe abordarse según las diferentes fuentes: producción de crudo, producción de gas, y transmisión, distribución y consumo de gas, así como considerar la edad de las instalaciones. Es posible capitalizar las oportunidades de mitigación invirtiendo en mantenimiento y reparación de la red de gaseoductos.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) tiene proyectos con el esquema del MDL para la instalación de sellos secos en compresores de gas para los complejos procesadores de gas en Ciudad PE-

54 SEMARNAT (2011).

MEX, Nuevo PEMEX y Poza Rica, con una reducción estimada de 0.026 MtCO₂e/año⁵⁵. En este rubro, se han identificado proyectos de reducción de emisiones fugitivas por hasta 2.3 MtCO₂e⁵⁶.

Dentro de las operaciones de producción de gas existen varias opciones tecnológicas de mitigación, una de ellas es terminar verdes de pozos petroleros, cuyo costo de inversión varía entre \$8,700 USD y \$33,000 USD por pozo, con potencial de captura de entre 7,000 y 23,000 millones de pies cúbicos/pozo, o la instalación de sistemas de bombeo neumático en pozos de gas natural cuyo costo de inversión oscila entre 2,600 USD y 13,000 USD por pozo, con un potencial de mitigación de entre 600 y 18,250 millones de pies cúbicos/año.

6.1.4 Transformación eficiente de energía

Eficiencia energética de PEMEX

El potencial de mitigación, mediante mejoras en eficiencia energética en PEMEX, es mayor a 1.1 MtCO₂e anuales al 2020, e involucra aumentos en la eficiencia operativa y térmica de sus operaciones. Los principales proyectos son la reconfiguración de las refinerías Madero, Minatitlán y Cadereyta, así como los proyectos de cogeneración en Nuevo PEMEX, Tula y Salamanca. Actualmente PEMEX está elaborando Diagnósticos Energéticos Integrales para la definición del potencial de ahorro de energía en sus instalaciones.

El ejercicio del gasto de las paraestatales es programado por SHCP y se prioriza con base en la rentabilidad de los proyectos. Dado este criterio, la inversión es usualmente asignada a proyectos de exploración y explotación de crudo. En consecuencia, los proyectos de eficiencia energética en PEMEX refinación difícilmente alcanzan financiamiento.

PEMEX tiene actualmente proyectos bajo el esquema MDL, que persiguen incrementar la eficiencia térmica, entre los que se encuentran: la recuperación energética de gases de combustión para su aprovechamiento en el proceso de deshidratación de crudo Maya en la Terminal Marítima Dos Bocas (en validación), y la utilización de tecnologías de recuperación de calor en los escapes de combustión de turbo maquinaria en el activo integral Cantarell (en proceso). En conjunto, ambos proyectos tienen un potencial de abatimiento de 0.52 MtCO₂e/año⁵⁷.

Los indicadores de desempeño operativo del Sistema Nacional de Refinación manifiestan rezagos operativos importantes en relación con los estándares de la industria. Las brechas se concentran en los costos de operación, la disponibilidad de la planta instalada, el uso eficiente de la energía y el mantenimiento⁵⁸.

PEMEX Refinación ha invertido en obras para mejorar el tren energético y optimizar el uso de la energía en las refinerías de Cadereyta, Minatitlán, Salamanca y Tula. El monto asignado en el Presupuesto de Egresos de la Federación en 2010 a estos cuatro proyectos fue de 1,272 millones de pesos.

Eficiencia energética de CFE (transmisión y distribución)

En el proceso de transmisión y distribución de energía eléctrica se presentan pérdidas técnicas de energía, que se disipa en forma de calor, y pérdidas no-técnicas por usos ilícitos. Conforme a las mejores prácticas a nivel internacional, las pérdidas totales de energía oscilan entre 6 % y 8 %. En el caso de México, el suministro nacional de energía eléctrica destinada al servicio público tuvo pérdidas totales promedio de 10.77 % entre 2000 y 2011 (11.2 % de enero a junio de 2012). Estas cifras no incluyen

55 SENER (2011a).

56 INE (2010a).

57 SENER (2011a).

58 SENER (2012b).

la zona Centro del país, donde se registran pérdidas por conexiones irregulares y sistemas obsoletos hasta por 30 % de la electricidad⁵⁹. Si se lograra reducir estas pérdidas a 8 % en promedio a nivel nacional, se lograría un abatimiento de emisiones de aproximadamente 4 MtCO₂e anuales.

Según datos del Sistema de Información Energética, la generación bruta nacional en 2011 fue de 256.8 TWh. Un punto porcentual en pérdidas equivale a la producción de una planta generadora de 1000 MW durante 107 días, y representa emisiones de GEI por 1.27 MtCO₂e/año. La reducción en pérdidas tiene como consecuencia directa el abatimiento de emisiones de carbono, ya que disminuye el requerimiento de capacidad adicional de generación eléctrica. CFE implementa medidas para reducir las pérdidas técnicas en la transmisión y distribución de electricidad, entre ellas, la incorporación de nuevas líneas y subestaciones, y mejoras en los sistemas de distribución.

Redes inteligentes de energía eléctrica

Las redes inteligentes de distribución eléctrica incorporan tecnologías de comunicación, control, monitoreo y autodiagnóstico, con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible. Estas redes permiten la gestión activa de la demanda, así como la integración de tecnologías de almacenamiento, lo que ayuda a alcanzar objetivos de eficiencia energética y mitigación de emisiones de CO₂.

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos (NREL) establece que las redes inteligentes son importantes para la penetración de energías renovables en la red eléctrica, y para su correcto despacho y control⁶⁰. Esto se debe a la naturaleza intermitente de algunas fuentes renovables. NREL analiza un escenario en

el que, en 2050, 80 % de la generación eléctrica proviene de fuentes renovables, y advierte que su implementación requiere incrementar la flexibilidad del sistema eléctrico, garantizar reservas operativas, expandir la capacidad de transmisión de alto voltaje y establecer nuevos procedimientos operativos y nuevas metodologías de planeación del sistema. Se identifica una barrera adicional a la introducción de las redes inteligentes en la falta de estándares técnicos abiertos y públicos que permitan el funcionamiento entre sistemas provenientes de distintos fabricantes.

Captura y almacenamiento de carbono

La captura y almacenamiento de carbono (CCS por sus siglas en inglés) comprende un espectro amplio de tecnologías actualmente en desarrollo. Con ellas, el CO₂ es capturado, purificado, comprimido y bombeado hacia formaciones rocosas porosas para su almacenamiento permanente.

El potencial de abatimiento estimado en México mediante la captura de carbono es de 4.7 MtCO₂e/año al 2020 y 13.5 MtCO₂e/año al 2030. Sin embargo, las tecnologías involucradas siguen siendo caras, y es necesario aumentar la escala de financiamiento para los proyectos demostrativos actuales, para hacerlos comercialmente atractivos⁶¹. A la fecha no existen en el mundo plantas de generación eléctrica con capacidad instalada en el orden de cientos de MW que cuenten con captura y secuestro de carbono.

El Atlas Mexicano de Almacenamiento Geológico de CO₂ identifica los acuíferos salinos profundos con potencial para secuestro de CO₂ y estima capacidades de almacenamiento. Queda pendiente estimar la capacidad de almacenamiento en yacimientos de petróleo y gas, así como su distribución geográfica. PEMEX ha realizado pruebas piloto en varios campos para de-

59 Entrevista concedida por Jaime González Aguadé, director de CFE, a Excelsior. 11 de julio del 2012.

60 Laboratorio Nacional de Energías Renovables (2012).

61 Energy Information Administration (2012).

terminar índices de recuperación mejorada de crudo en diferentes tipos de yacimientos (cuadro 6.2).

Cuadro 6.2 Potencial teórico de almacenamiento de CO₂, modalidad acuífero salino profundo.

Región	Potencial teórico, GtCO ₂
Veracruz centro	15
Tampico – Misantla	9
Cuenca de Burgos	17
Cuencas del Sureste (Salina del Istmo, Comalcalco, Macuspana, Pilar de Akal)	24
Yucatán	14
Chiapas	6
Chihuahua	< 1
Coahuila	13

La legislación actual sobre uso del subsuelo, actividades mineras y la explotación de acuíferos e hidrocarburos no considera el acceso y uso de acuíferos profundos para el almacenamiento de carbono. Un proyecto de captura y secuestro de carbono requiere un estudio de riesgo e impacto ambiental; sin embargo, la naturaleza de este tipo de proyectos no se ha definido. Dependiendo de si el proyecto se considera de tipo exploratorio o minero, la jurisdicción de la evaluación de impacto ambiental corresponderá a la Federación o a la entidad federativa en la que se ubique.

La captura y almacenamiento de CO₂ es la única tecnología actualmente disponible que permitiría a algunos sectores industriales, como el del acero, el del cemento, y el de procesamiento de gas natural, reducir drásticamente la emisión de carbono de sus procesos actuales. Su implementación a gran escala en la industria depende de que sea posible cuantificar los beneficios derivados de la reducción de emisiones o, en su defecto, de la introducción de regulación que requiera su uso.

El Centro Mario Molina ha propuesto que el primer proyecto demostrativo de captura de CO₂ en México vincule la captura y secuestro de carbono con proyectos de recuperación mejorada de hidrocarburos. Esta fórmula cambia la estructura de costos, ya que al cálculo del costo nivelado de la generación eléctrica se introducen los beneficios derivados tanto de la venta de crudo, como de las emisiones de CO₂ evitadas. Se plantea la construcción de una planta piloto en la ciudad de Poza Rica, Veracruz. PEMEX cuenta con varios pozos que podrían ser candidatos para la inyección de CO₂ localizados relativamente cerca de una Central de CFE, lo que facilitaría el transporte del bióxido de carbono.

En la región de Poza Rica, los campos petroleros con potencial para recuperación mejorada de crudo con bióxido de carbono son Poza Rica, Tajín y Coapechaca. En la región sur, PEMEX está planeando usar su propio CO₂, producido con alta pureza en algunas de sus plantas petroquímicas, para estimular campos maduros ubicados en el activo Cinco Presidentes, en Tabasco⁶².

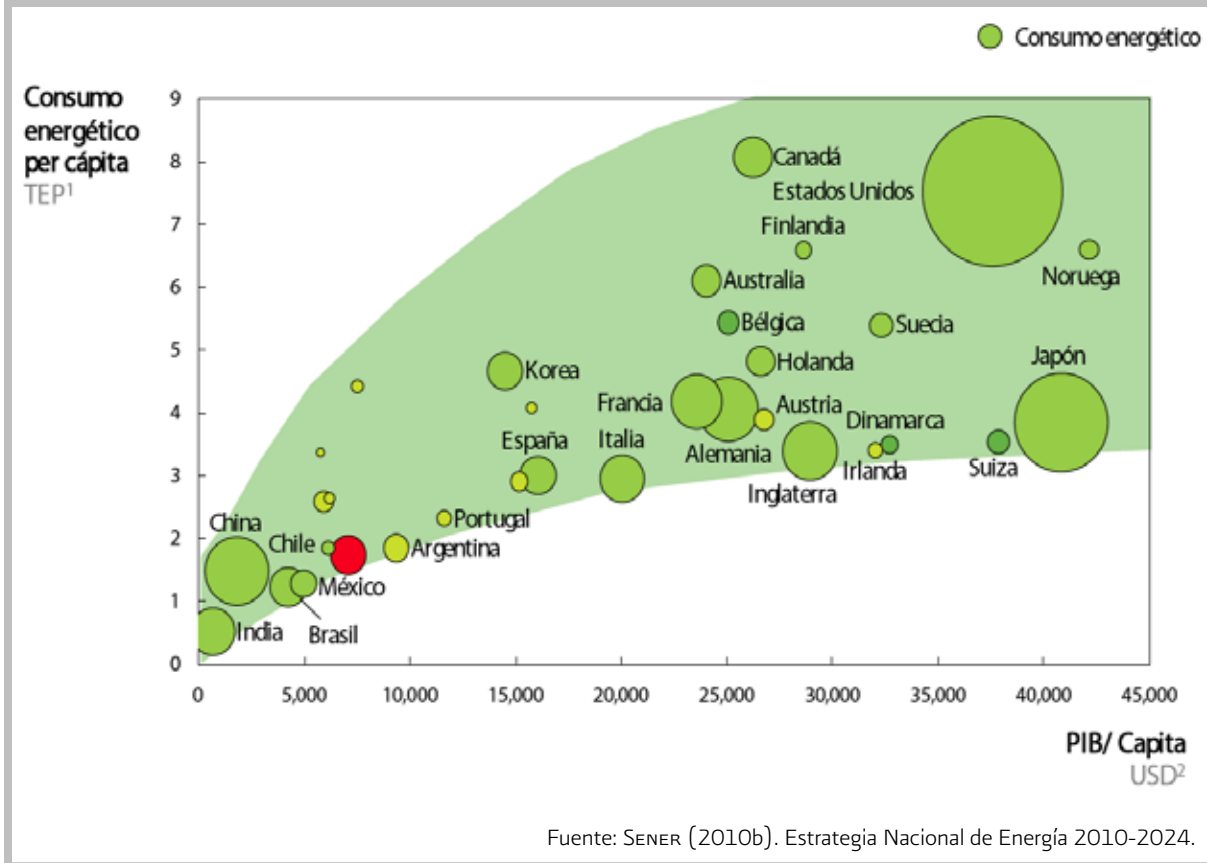
6.2 Consumo eficiente de energía

El consumo energético per cápita en México es comparativamente bajo, respecto de otros países. De acuerdo con el Balance Nacional de Energía, en 2010 cada habitante en el territorio nacional consumió en promedio 75.2 GJ, lo que es equivalente a 9.86 barriles de petróleo.

La figura 6.4 muestra un comparativo del consumo energético entre distintos países. El eje horizontal ordena los países según su producto interno bruto per cápita, y el eje vertical por su consumo energético per cápita. El tamaño de cada círculo muestra el consumo energético en términos absolutos. Se observa ahí que el país con mayor consumo energético per cápita es Canadá, seguido de Estados Unidos, Noruega y Finlandia. Sin embargo, en con-

62. Centro Mario Molina (2012).

Figura 6.4 Consumo energético per cápita y PIB per cápita de países seleccionados



sumo absoluto Estados Unidos es el mayor consumidor, seguido de Japón, Alemania e Inglaterra.

Las emisiones de GEI por demanda energética para usos finales sumaron 407 MtCO₂e en 2010; el sector transporte contribuyó con 38.5 % de ellas, la generación de electricidad con 28.2 % y el sector industrial con 14.8 por ciento⁶³.

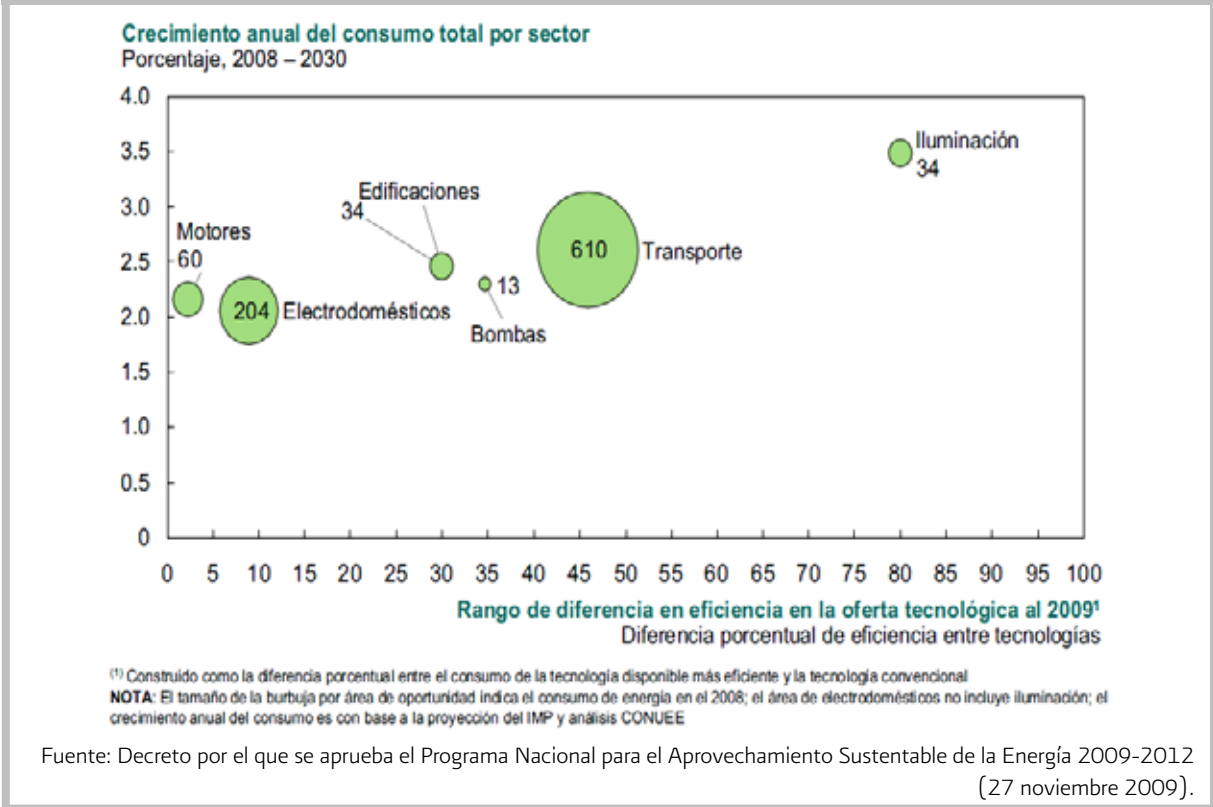
El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 (PRONASE) identifica una brecha de eficiencia energética entre las tecnologías convencionales usadas en México y las tecnologías más avanzadas disponibles. En la figura 6.5, el eje horizontal muestra el ahorro que podría lograrse al cambiar a tecnologías más eficientes,

el eje vertical muestra la tasa de crecimiento en el consumo. El tamaño de la burbuja muestra el consumo energético total en 2008. De modo que en iluminación, por ejemplo, puede ahorrarse 80 % de la energía cambiando de focos incandescentes a iluminación LED (diodo emisor de luz). En cuanto al consumo, iluminación tiene el mayor crecimiento, con 3.5 % anual, seguido de transporte con 2.5 % anual. Transporte fue el mayor consumidor de energía seguido de electrodomésticos.

La implementación de gran parte de las iniciativas para el uso eficiente de la energía requiere sustitución tecnológica; sin embargo, los costos de inversión se recuperan rápidamente con los ahorros de energía asociados.

63 SENER (2010a).

Figura 6.5 Potencial de mejora en eficiencia energética por uso final.



El uso racional y sustentable de la energía ofrece, entre otras ventajas:

- Ahorros directos para los usuarios finales de energía por la mayor eficiencia en el consumo.
- Beneficios económicos para el Gobierno, derivados de los subsidios evitados por la reducción del consumo nacional.
- Ahorros para el Gobierno por la reducción en la infraestructura energética necesaria al disminuir la demanda total.
- Abatimiento de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales, con impactos positivos en la salud y el bienestar de la población.

Aumentar la eficiencia energética y mejorar las prácticas de consumo de energía actuales lleva a

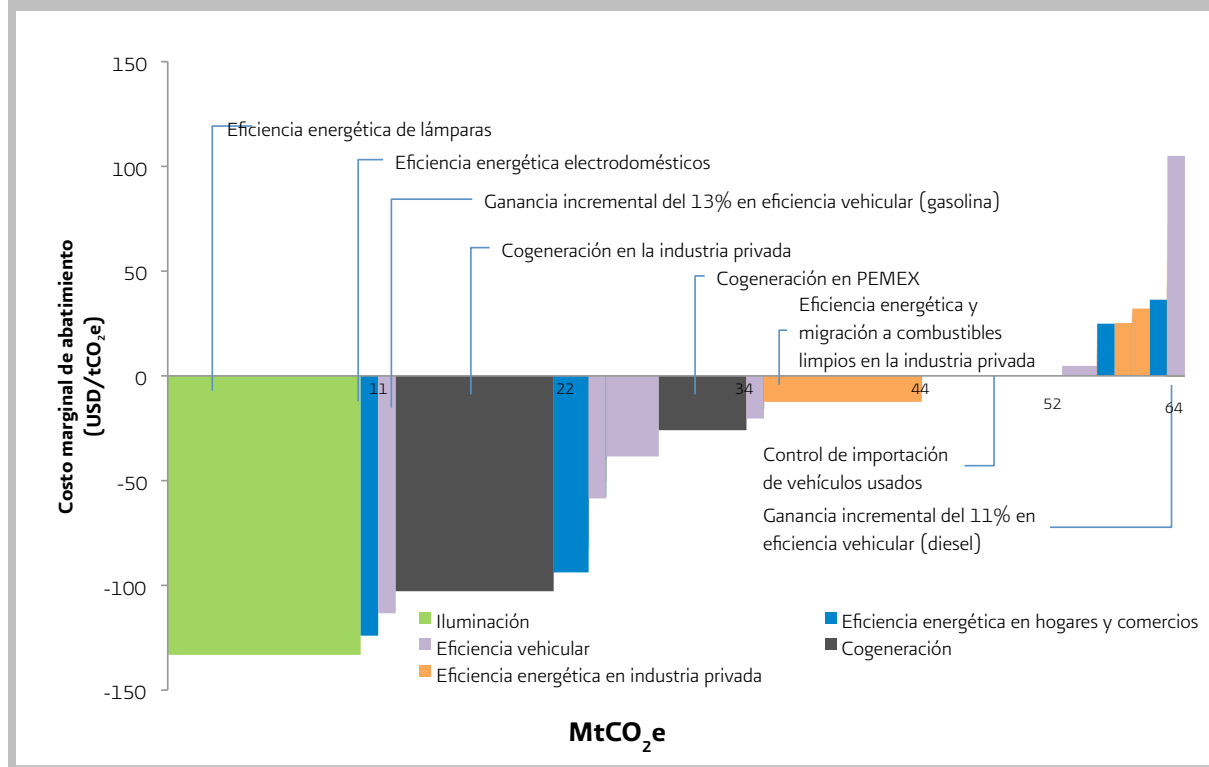
un aumento en la productividad, de modo que las iniciativas de incremento de la eficiencia energética favorecen el crecimiento económico del país.

A partir del PRONASE y otros estudios de la CONUEE (2009) y del INE (2010c), se logró identificar un potencial de reducción de emisiones por mejoras en eficiencia energética de 64 MtCO₂e, equivalente a una reducción de 16 % con respecto a las emisiones reportadas en 2010 para este rubro (figura 6.6). Este potencial representa 24.5 % de la meta de abatimiento de México al 2020 (261 MtCO₂e,), si se consideran los proyectos y acciones que se muestran en el cuadro 6.3.

Las acciones que pueden realizarse para capturar el potencial de abatimiento arriba descrito pertenecen a cuatro categorías principales:

- Normas y estándares para regular el consumo energético futuro.

Figura 6.6 Potencial de abatimiento por uso eficiente de la energía al 2020.



Cuadro 6.3 Resumen del potencial de mitigación por el uso eficiente de energía (MtCO₂e/año).

Tipo de proyectos	2020	2030
Eficiencia en iluminación (cambio de focos y controles) ¹	11.0	14.1
Eficiencia en vehículos y control de importación de autos usados ^{1,2}	17.5	47.5
Cogeneración en sector industrial privado y PEMEX	14.8	27.5
PEMEX ¹	4.8	3.9
Industria privada ³	10.0	23.6
Otros procesos industriales ^{1,4}	14.6	35.8
Eficiencia energética en hogares y comercios ⁵	5.9	13.5
Equipos electrodomésticos ¹	2.9	5.9
Calentamiento de agua y climatización ¹	3.0	7.6
Total	63.8	138.3

2) Representa el potencial máximo identificado, que corresponde a la implementación de las tecnologías más eficientes.

4) Adicionales a la cogeneración.

5) No toma en cuenta la eficiencia en iluminación.

Fuente:

1) INE (2010c).

3) CONUEE (2009).

- Sustitución de tecnologías por unas más eficientes, por medio de programas sociales.
- Certificación de productos con tecnologías eficientes.
- Cambios de prácticas y comportamientos de los usuarios finales.

6.2.1 Estándares de eficiencia energética general

Norma de eficiencia en iluminación general (NOM-028-ENER-2010)

En 2011 entró en vigor la Norma Oficial Mexicana (NOM) que establece los límites mínimos de eficiencia para las lámparas de uso general destinadas a la iluminación de los sectores residencial, comercial, servicios, industrial y alumbrado público. El cambio tecnológico dictado en esta norma implica una inversión calculada en 1,850 millones de dólares, acumulada entre 2011 y 2020, debida al intercambio de cerca de 800 millones de focos incandescentes por lámparas compactas fluorescentes (LCF). Los ahorros anuales, derivados del menor gasto energético, pueden ser cercanos a los 1,430 millones de dólares⁶⁴, que tendrán un impacto positivo directo en los usuarios finales. Con esta iniciativa se puede llegar a abatir hasta 11.7 MtCO₂e anuales en el 2020⁶⁵.

Gracias a que esta norma incide sobre la totalidad de las lámparas que se comercializan actualmente, el potencial de abatimiento de emisiones de GEI es mayor al originalmente identificado para una iniciativa similar (ver cuadro 6.3), que tan sólo consideraba una mayor eficiencia en la tecnología para la iluminación de viviendas y locales comerciales.

Dada la estructura tarifaria actual, los ahorros para el gobierno en subsidios evitados pueden ser significativos. Además, por tratarse de una tecnología cuyo uso está asociado a los picos de demanda eléctrica, reducir significativamente el consumo eléctrico para iluminación se traduce en ahorros para el gobierno por la capacidad de generación evitada.

Recientemente se publicó la NOM-030-ENER-2012, que establece los estándares mínimos de eficiencia energética de dispositivos LED para iluminación, colocando a México como uno de los países pioneros en regular esta tecnología. Para ajustar el conjunto normativo sobre iluminación, la norma NOM-013-ENER-2004, que regula la eficiencia energética del alumbrado público, y la NOM-017-ENER/SCFI-2008, que lo hace para las lámparas fluorescentes compactas comerciales, se encuentran en proceso de actualización.

6.2.2 Eficiencia energética en el transporte

El consumo de combustibles fósiles para el transporte es la mayor fuente de emisiones de GEI en México (145 MtCO₂e en 2006). Entre 1990 y 2000, la tasa promedio de crecimiento de las emisiones relacionadas con consumo de combustibles para auto-transporte fue 2.6 % anual, y se incrementó a 5.8 % anual entre 2000 y 2008. Entre 1990 y 2008 las emisiones relacionadas a transporte se duplicaron. Esto hace de la eficiencia energética en este subsector un tema prioritario para México.

En la estimación del potencial teórico de mitigación se han detectado tres líneas de acción para el abatimiento de emisiones de GEI en este rubro: incrementar la eficiencia de combustible de los autos nuevos, regular la importación de autos usados y acelerar el reemplazo de la flota vehicular. El obje-

64 INE (2010c).

65 INE (2010a).

tivo final de estas tres intervenciones es el aumento de la eficiencia energética promedio de la flota vehicular nacional.

Norma de eficiencia vehicular para autos nuevos (NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2012)

La implementación del proyecto de norma publicado el 12 de julio de 2012 en el Diario Oficial de la Federación, que regulará las emisiones de GEI vehiculares mediante el rendimiento de combustible, ayudará a alcanzar un rendimiento promedio de la flota de vehículos nuevos de 15 km/l en el 2016 (calculado en 12.3 km/l, en 2010). Los beneficios previstos incluyen⁶⁶:

- Reducir la demanda energética en 372 millones de barriles equivalentes de petróleo (bep) acumulados entre 2016 y 2030.
- Evitar la emisión de 6 MtCO₂e anuales en el 2020, y de 18 MtCO₂e en el 2030.
- Generar ahorros económicos para los usuarios, derivados del ahorro en gasolina, cercanos a 513 mil millones de pesos, acumulados al 2030.
- Producir ahorros para el gobierno, que se calculan en 103 mil millones de pesos, asociados a los subsidios evitados por la caída en el consumo de combustibles en el mismo periodo.
- Reducir emisiones de otros contaminantes locales, como NO_x, SO₂ e hidrocarburos. Se estima que los ahorros derivados de evitar afectaciones de estas sustancias a la salud serían de 338 millones de USD.

La norma vehicular implicaría un primer gran paso hacia una mejor regulación en la materia; sin

embargo, el rendimiento promedio propuesto por el proyecto de norma es una fracción de lo tecnológicamente factible de implementar.

La figura 6.7 muestra cómo, aun con la puesta en marcha de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2012, la eficiencia energética promedio del parque vehicular en México continuará siendo inferior a la de los países que fijan el más alto estándar internacional (como la Unión Europea y Japón).

Control de importación de vehículos usados

Una parte importante del crecimiento del parque vehicular observado en la última década se debe a la importación de autos usados, principalmente de los Estados Unidos, dentro del contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Este Tratado establece, a partir de febrero de 2013, un proceso gradual de apertura a la libre importación de autos usados provenientes de Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, la vigencia de esta apertura a las importaciones se adelantó a 2005, mediante decretos presidenciales. Entre ese año y 2008, cuando se publicaron dos decretos que revirtieron las tendencias en las importaciones, se introdujeron al país y regularizaron 3.2 millones de vehículos usados, de los cuales aproximadamente 900 mil ya se encontraban en territorio nacional de manera ilegal⁶⁷.

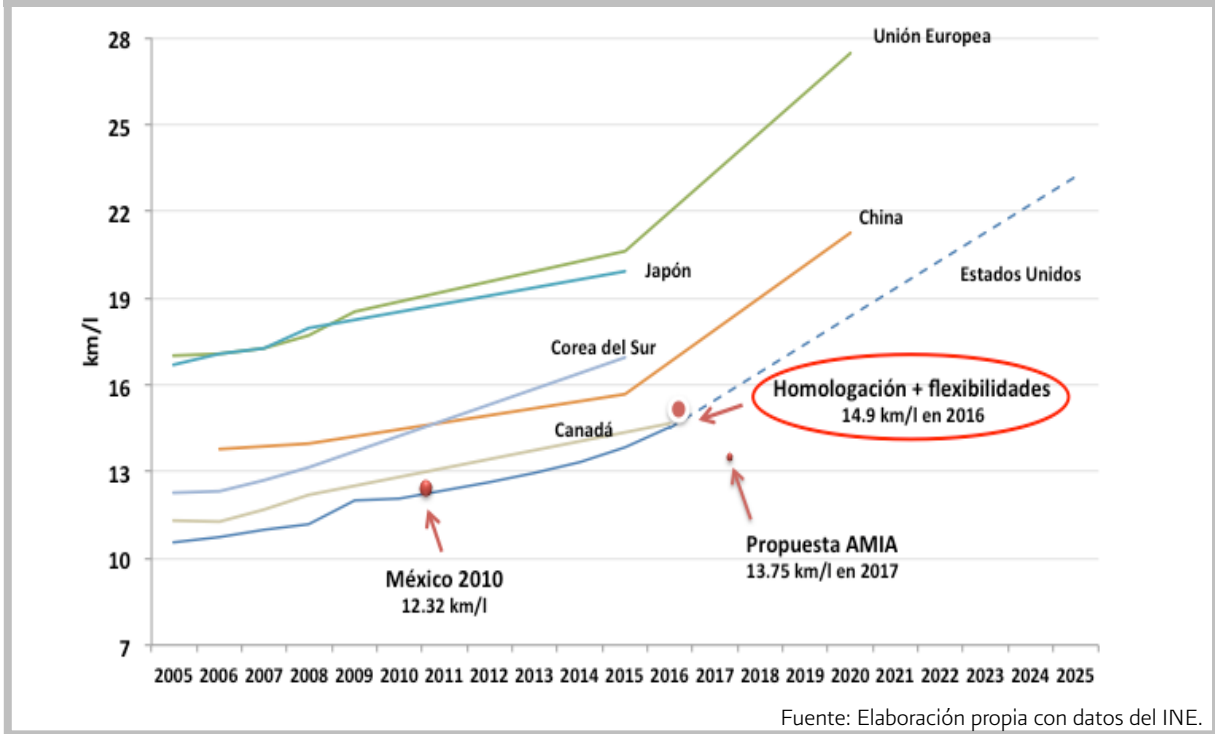
Reconociendo la importancia del tema, la política del gobierno federal de restringir las importaciones de vehículos usados continuó hasta la publicación, en 2011, de un decreto que regula la importación definitiva de autos usados⁶⁸. Con una estrategia jurídica de amparos, los representantes de agrupaciones de importadores de autos usados lograron revertir la tendencia de caída en las importaciones, aunque ésta no ha alcanzado los niveles que tenía antes de la política restrictiva de los últimos cuatro años.

66 Cálculos preliminares del Instituto Nacional de Ecología; análisis en progreso.

67 Rojas-Bracho, L. y Garibay, V. (2012).

68 Decreto por el que se regula la importación definitiva de vehículos usados (1° de julio de 2011).

Figura 6.7 Comparativo de eficiencia vehicular promedio para vehículos ligeros.



En previsión a la entrada en vigor del calendario establecido en el TLCAN, la SEMARNAT y la Secretaría de Economía publicaron, en octubre y diciembre de 2011, una serie de acuerdos⁶⁹ que obligan a los vehículos usados, importados definitivamente al país, a cumplir con la Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos que circulan en nuestro territorio (NOM-041-SEMARNAT-2006). Con esto, se da cumplimiento a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que establece la igualdad regulatoria para las especificaciones de los productos nacionales y los productos similares de importación.

Para abatir las emisiones de GEI derivadas del aumento en el número de automóviles, es impor-

tante que el gobierno mantenga los esfuerzos por regular la eficiencia de operación de los vehículos que se importan y poder asegurar altos índices de eficiencia para todas las adiciones al parque vehicular nacional.

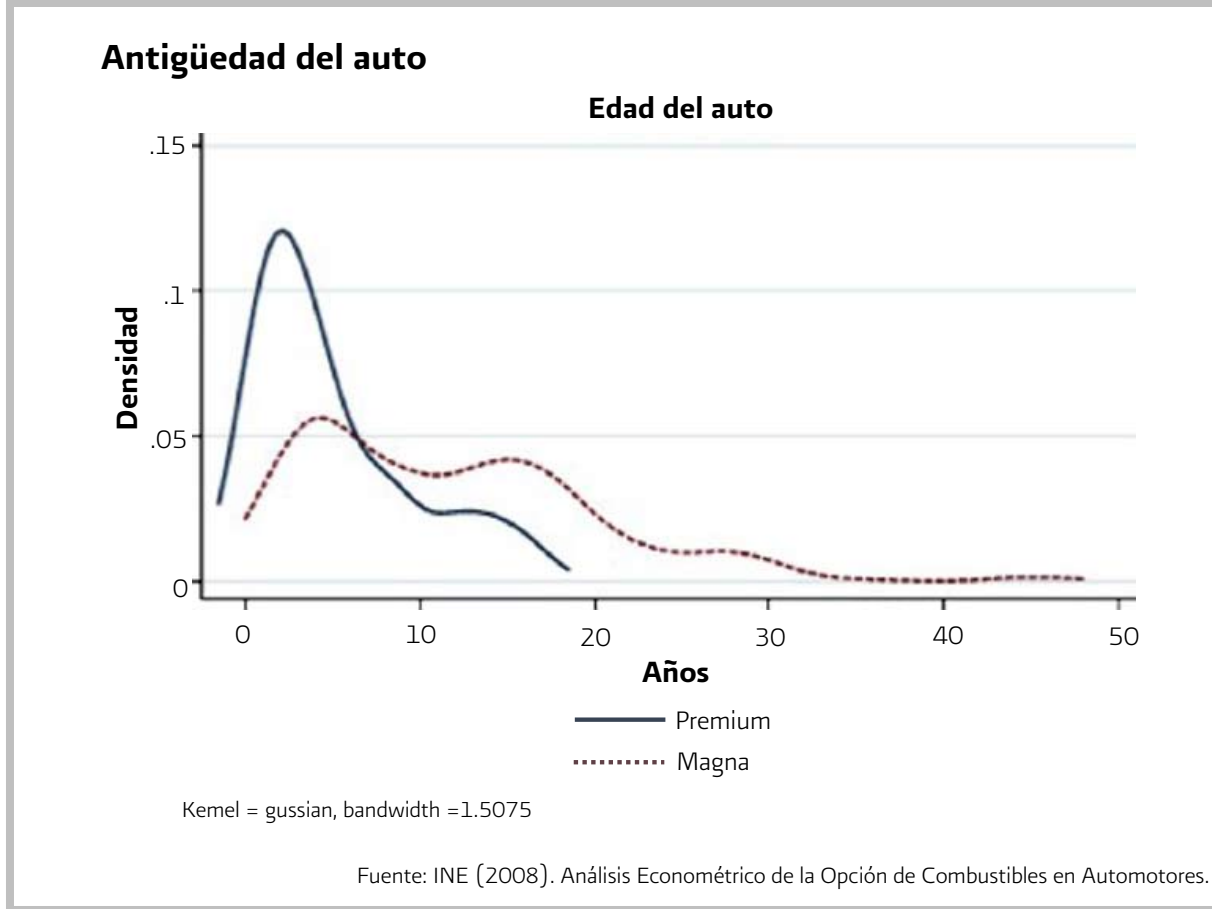
Chatarrización y control vehicular

Cuanto mayor es la antigüedad de un vehículo, menor tiende a ser el rendimiento de combustible en comparación al de los autos nuevos, tanto por el desgaste inherente que sufre el motor por el uso, como por la tecnología menos avanzada con la que está construido. Los automóviles que componen el parque vehicular mexicano tienen una edad promedio mayor a los 16 años⁷⁰ (figura 6.8).

69 Acuerdo de equivalencia NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-047-SEMARNAT-1999 (20 de octubre de 2011). Vigésima novena modificación al Acuerdo por el que la Secretaría de Economía emite reglas y criterios de carácter general en materia de Comercio Exterior. Secretaría de Economía. Acuerdo de modificación del diverso de equivalencia NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-047-SEMARNAT-1999 (16 de diciembre de 2011).

70 Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 (27 de noviembre de 2009).

Figura 6.8 Edad promedio del parque vehicular nacional con base en el tipo de gasolina.



En complemento a las acciones para incrementar la eficiencia energética del transporte privado pueden implementarse esquemas que incentiven la renovación vehicular y retiren los autos poco eficientes. Esto puede hacerse con programas de chatarrización y programas nacionales de verificación vehicular. La implementación de un sistema nacional de verificación vehicular significa robustecer las metodologías de certificación y los mecanismos de control aplicables. La cooperación entre los tres niveles de gobierno es fundamental en la instrumentación efectiva de intervenciones de este tipo.

En un escenario óptimo, se podría maximizar la recuperación de los materiales contenidos en los autos desechados para su reciclaje y posterior uso como insumo en la industria.

6.2.3 Eficiencia energética en la industria

Cogeneración

El potencial de cogeneración identificado en el PRONASE es de 11 GW. Las industrias petrolera, química y petroquímica representan la mayor parte de este potencial y son las industrias donde la cogeneración es más rentable, debido a su gran escala y demanda constante de vapor. En CESPEDES (2012), se estima que solo se ha aprovechado 21 % del potencial de cogeneración de estas industrias, y que el mayor potencial aún sin explotar está en Pemex (2.9 GW). Implementar plantas de cogeneración en los nueve centros de proceso de PEMEX con mayor generación de vapor podría llegar a abatir hasta 14 MtCO₂e anuales en 2020.

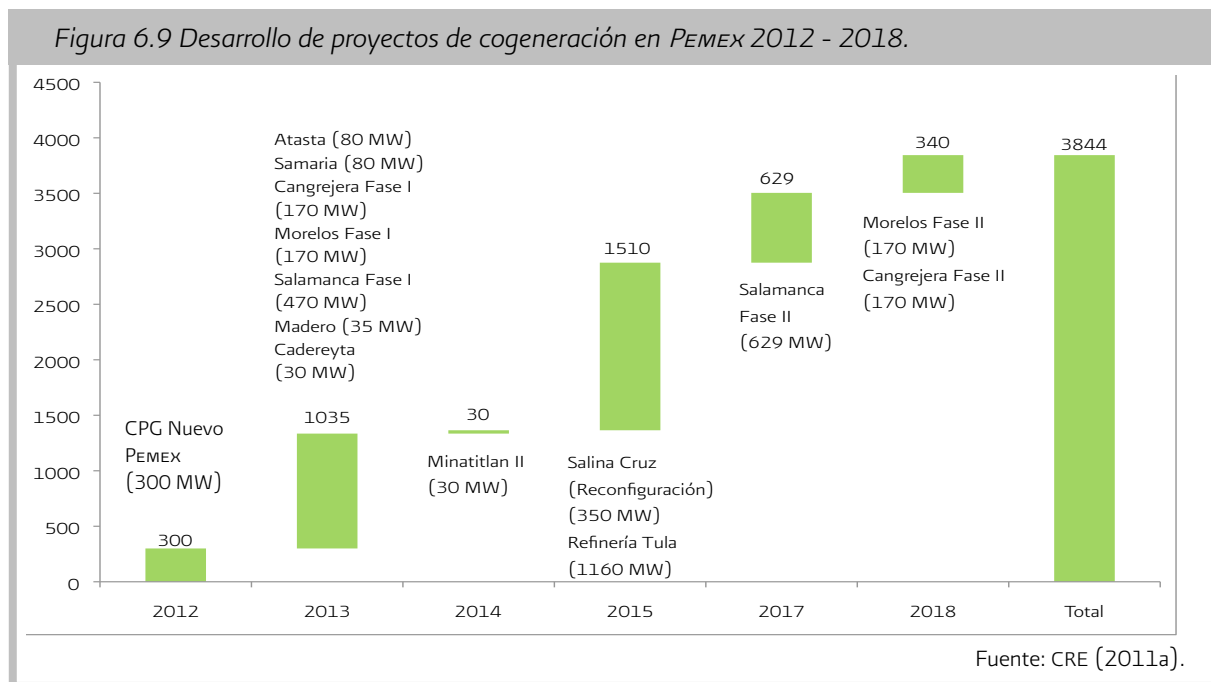
La Comisión Reguladora de Energía (CRE) identifica el potencial técnico de cogeneración de PEMEX en 3,844 MW (figura 6.9); 88 % de esta capacidad corresponde a instalaciones pertenecientes al Sistema Nacional de Refinerías, el 12 % restante corresponde a complejos procesadores de gas y otras instalaciones.

Los cambios recientes en el marco regulatorio, que permiten el uso del banco de energía y del porteo *para autoabastecimiento remoto*⁷¹, han fomentado la inversión privada en proyectos de este tipo, como el del complejo de procesamiento de gas Nuevo PEMEX, con una capacidad de 300 MW y de 550-800 ton/h de vapor. Esta planta, cuya operación se iniciará a finales de 2012, abastecerá 55 % de la demanda de vapor y 100 % de la demanda eléctrica de Nuevo PEMEX. Este proyecto piloto ayudará a perfeccionar los modelos de negocio y los esquemas de coordinación entre CFE, PEMEX y el sector privado en la planeación de proyectos, que

son necesarios para aprovechar el potencial adicional de cogeneración en otros centros de proceso de PEMEX.

Además del complejo Nuevo PEMEX, se han caracterizado otras ocho plantas de procesamiento de Pemex con un potencial mayor a 100 MW de capacidad instalada de cogeneración. En la refinería de Salamanca se construye el proyecto de cogeneración más grande de todos. Tiene una capacidad de 430 MW y 800 ton/hora de vapor, se construye bajo el esquema de Obra Pública Financiada.

La inversión requerida para poner en marcha las nueve plantas de cogeneración en Pemex está estimada en 2,800 millones de USD, y los beneficios económicos esperados se estiman superiores a los 300 millones de dólares anuales. Parte de estos beneficios procederán de la reducción de costos en CFE y en PEMEX, estimada en más de 100 millones de dólares anuales para cada uno⁷².



71 El porteo *para autoabastecimiento remoto* es el sistema mediante el cual los productores independientes de energía (PIE) o los cogeneradores pueden incorporar la electricidad producida al Sistema Eléctrico Nacional para ser utilizada en un lugar distinto a donde fue generada. El *banco de energía amplia* ese sistema para permitir la entrada y salida de la electricidad generada de forma diferida y con tarifas diferenciadas.
 72 CESPEDES (2012).

CONUEE (2009) calcula que el potencial de cogeneración en industrias de capital privado es de 197 mil TJ/año, lo que equivale al abatimiento de alrededor de 10 MtCO₂e, con beneficios económicos de más de 1,600 millones de dólares al año. De acuerdo a este estudio, en el sector industrial (excluyendo a PEMEX e ingenios azucareros) por cada GWh evitado, producido por los cogeneradores, se obtiene un ahorro de energía primaria de 3.3 GWh, o su equivalente, de 11,880 GJ.

Es importante mencionar que una planta de cogeneración tiene su rentabilidad y potencial de abatimiento condicionados a la demanda de vapor. Las reducciones en la demanda de vapor por paros técnicos disminuyen dramáticamente el rendimiento eléctrico equivalente y la viabilidad financiera de los proyectos en este rubro.

Otros procesos industriales

Además de la cogeneración, se ha identificado un potencial de abatimiento de emisiones de GEI de 7 MtCO₂e en el sector industrial a partir de proyectos que incrementen la eficiencia energética, cambien

el combustible (de combustóleo y coque a gas o biomasa), usen tecnologías de captura de emisiones de CO₂ y rediseñen procesos industriales para reducir su intensidad energética.

Como parte de las iniciativas de reducción de emisiones de GEI en las industrias del sector privado, México desarrolla cuatro acciones de mitigación apropiadas nacionalmente (NAMA por sus siglas en inglés) en este sector, y se resumen en el cuadro 6.4.

La Secretaría de Economía y el CONACYT, a través del Fondo Sectorial de Innovación (FINNOVA), apoyan el desarrollo de NAMA que garanticen reducciones significativas de emisiones de GEI. A julio de 2012, han sido aprobados 23 proyectos para financiamiento con este fondo.

6.2.4 Eficiencia energética en actividades agropecuarias

Debido a la estructura de consumo de energéticos en el sector agropecuario de México, existe un potencial de abatimiento de emisiones por el cambio

Cuadro 6.4 Acciones de mitigación apropiadas nacionalmente (NAMA) en desarrollo en México.

Responsable	Objetivo	Otros participantes	Apoyo extranjero	Avance
SENER	Eficiencia energética en pequeñas y medianas empresas de diversos sectores, incluyendo el sector turismo	CONUEE, FIDE, NAFIN	Alemania	Diseño
Cámara Nacional del Cemento (CANACEM)	Reemplazar combustibles en la industria del cemento	SEMARNAT, Centre for Clean Air Policy	Estados Unidos de América	Diseño de implementación
Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ)	Eficiencia energética, control de emisiones de proceso y diseño de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones para la industria química	SEMARNAT, INE, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo	Unión Europea	Diseño
Cámara Minera de México (CAMIMEX)	Eficiencia energética, control de emisiones de proceso y diseño de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones para la industria minera	SEMARNAT, INE, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo	Unión Europea	Diseño

de combustible (diesel en su mayor parte) a gas en la maquinaria típica del sector (vehículos de trabajo, sistemas de irrigación, etc.). El PRONASE identifica una oportunidad específica de reducción de la demanda energética en el bombeo de agua para uso agrícola; sin embargo, la estructura actual de subsidios a la electricidad y al agua en este sector no incentiva el incremento en la eficiencia del consumo energético y en el ahorro de agua para desarrollar sus actividades.

Adicionalmente a los altos subsidios presentes, la demanda de recursos hídricos y energía en el sector agropecuario reduce su sustentabilidad debido al bajo nivel de cumplimiento legal sobre los derechos del agua (35 % de los usuarios explotan pozos sin registro).

En 2008, la SEMARNAT, SAGARPA, SENER, SEDESOL y la SHCP diseñaron, con ayuda del INE, dos programas para atacar este problema. El primero para fortalecer el cumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales, monitorear la demanda de agua en el sector agropecuario y cerrar pozos clandestinos. El segundo para desacoplar el subsidio de electricidad para bombeo de agua. En julio de 2011, este segundo programa se implementó en nueve estados del país, con lo que se abarcó trece acuíferos y más de ocho mil agricultores, quienes pueden optar por canalizar los fondos del subsidio hacia la adquisición de equipos de irrigación más eficientes (por ejemplo, bombas eléctricas). La nueva señal de precios motiva la mejora tecnológica y permite la inversión privada en este nicho verde emergente. El resultado es tanto una reducción indirecta de emisiones de GEI por el uso más eficiente de la energía, como un uso más sustentable del agua.

6.2.5 Eficiencia energética en hogares y comercios

El aumento de la eficiencia energética en aparatos electrodomésticos y dispositivos para calentar el agua y acondicionar el aire, puede llegar a evitar la

generación de casi 6 MtCO₂e en viviendas y comercios, y podría significar ahorros de más de 400 millones de dólares anuales en 2020⁷³. Para dirigir este impulso, se puede implementar dos formas básicas de política pública:

- Esquemas de certificación de la eficiencia energética de los bienes de consumo.
- Programas gubernamentales de asistencia social para la sustitución acelerada a tecnologías más eficientes.

Programas de certificación

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) establecen los estándares mínimos de eficiencia energética para dispositivos de uso común, como refrigeradores, calentadores de agua, lavadoras y sistemas de aire acondicionado. Por ejemplo, la NOM-015-ENER-2012 establece que aquellos refrigeradores cuyo consumo de energía presente una reducción de por lo menos un valor igual o superior al 10 % del especificado, puede ostentar en la etiqueta la leyenda "Eficiencia Superior". También existen lineamientos de buenas prácticas, como el aislamiento térmico, y otros criterios de sustentabilidad para las construcciones nuevas.

Hay ejercicios de certificación que han sido importantes para lograr cambios en los hábitos de consumo de la población en general. Por ejemplo, el sello del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) es un distintivo para promover el uso de equipos de alta eficiencia energética en diversas aplicaciones. El Programa de Fomento a la Certificación de Productos, Procesos y Servicios de la CONUEE emite reconocimientos para edificaciones residenciales nuevas, edificaciones no residenciales y plantas industriales en las que se hace un uso más eficiente de la energía.

México puede aumentar el valor de sus productos verdes al mismo tiempo que incrementa la toma

73 INE (2010c).

de conciencia por parte de la sociedad con mecanismos de certificación y estrategias de mercadotecnia. El etiquetado de productos que indique que el proceso o producto está certificado como “Bajo en Carbono” tiene un valor agregado para el consumidor que adopta como criterio de diferenciación y compra este tipo de señales.

Programas sociales

Para ayudar a las familias de escasos recursos en la transición hacia tecnologías con menor intensidad de carbono se han implementado varios programas:

- El Programa *Cambia tu viejo por uno nuevo* (operado por SENER) otorga subsidios y préstamos para la adquisición de equipos de aire acondicionado y refrigeradores eficientes.
- La instalación de calentadores solares de agua como parte del *Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México* (PRO-CALSOL) puede alcanzar reducciones de 0.4 MtCO₂e anuales, que es una meta del PECC.
- La CONAFOR ha impulsado el intercambio de fogones abiertos de leña por estufas ecológicas más eficientes en hogares rurales. En México, 80 % de los hogares usan biomasa para cocinar alimentos y los habitantes tienen contacto directo y prolongado con el humo. Las nuevas estufas usan 33 % menos biomasa y evitan exposición a los gases de combustión, que impacta en la salud de mujeres y niños, especialmente.
- Para facilitar la transición tecnológica residencial, se puso en marcha el Programa *Luz Sustentable*, en el que, a la fecha, se han intercambiado gratuitamente casi 33 millones de focos incandescentes por LCF que cumplen con la nueva norma⁷⁴. Esta iniciativa permite reducir emisiones en el corto plazo, incluso desde las primeras etapas de implementación de la norma

NOM-028-ENER-2012, que busca cristalizar la transferencia tecnológica en esta área.

Hipotecas verdes

El programa de financiamiento Hipotecas verdes otorga montos adicionales al crédito hipotecario para la instalación de tecnologías verdes en las viviendas. Los ahorros obtenidos por eficiencia energética y agua son cercanos al 2-3 % del ingreso familiar. Este programa puede extenderse para otorgar 2.7 millones de créditos entre 2013 y 2020, con un potencial de abatimiento de 2.6 MtCO₂e. Adicionalmente, el portafolio actual de tecnologías disponibles puede ser ampliado y flexibilizado para incluir nuevas tecnologías bajas en carbono y adaptarlo a un contexto más amplio (a la fecha sólo funciona a través de créditos del INFONAVIT).

6.3 Sistema de precios y subsidios energéticos

En México, el subsidio al consumo de energéticos se encuentra entre los más altos del mundo. Es superado únicamente por 11 países: Arabia Saudita, Rusia, India, China, Egipto, Venezuela, Emiratos Árabes Unidos, Indonesia, Uzbekistán, Iraq y Argelia, todos ellos exportadores netos de hidrocarburos. Los subsidios a combustibles fósiles dificultan la transición de nuestro país a una economía baja en carbono.

Los subsidios a la energía se presentan cuando el precio al público por unidad de un energético es menor a un precio de referencia, que representa el costo real o “costo de oportunidad” del recurso (figuras 6.10 y 6.11). En el caso de bienes que se comercian entre países, como la gasolina y el diesel automotriz, el precio de referencia son los precios internacionales. En el mercado eléctrico, dada la limitada capacidad de interconexión del Sistema Eléctrico Nacional con sistemas extranjeros, el precio de referencia es el costo marginal de producción.

74 SENER (2012d).

Figura 6.10 Comparación entre precio de venta al público y precio del productor por litro de gasolinas.

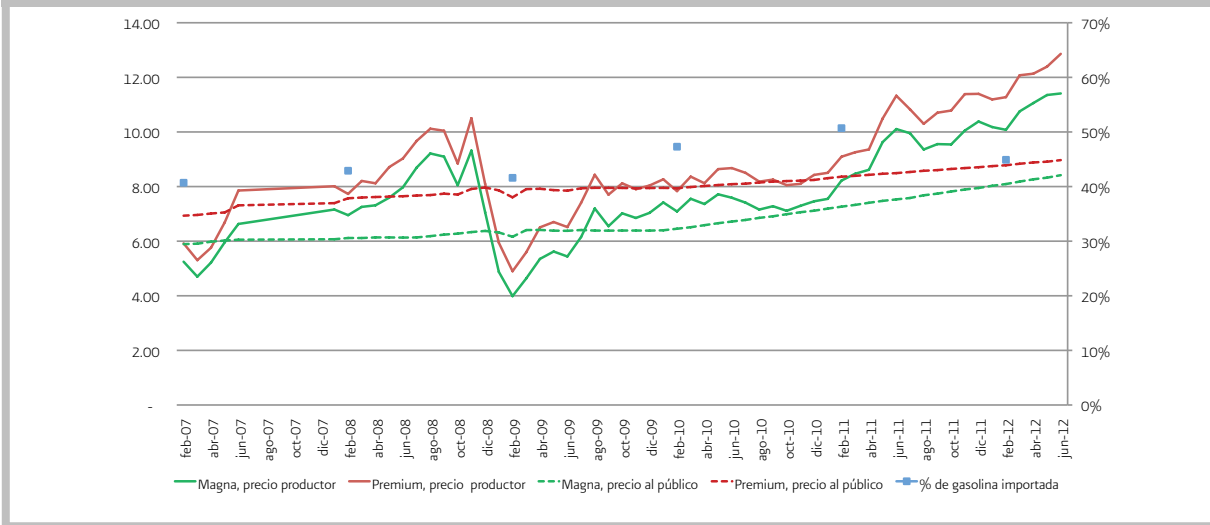
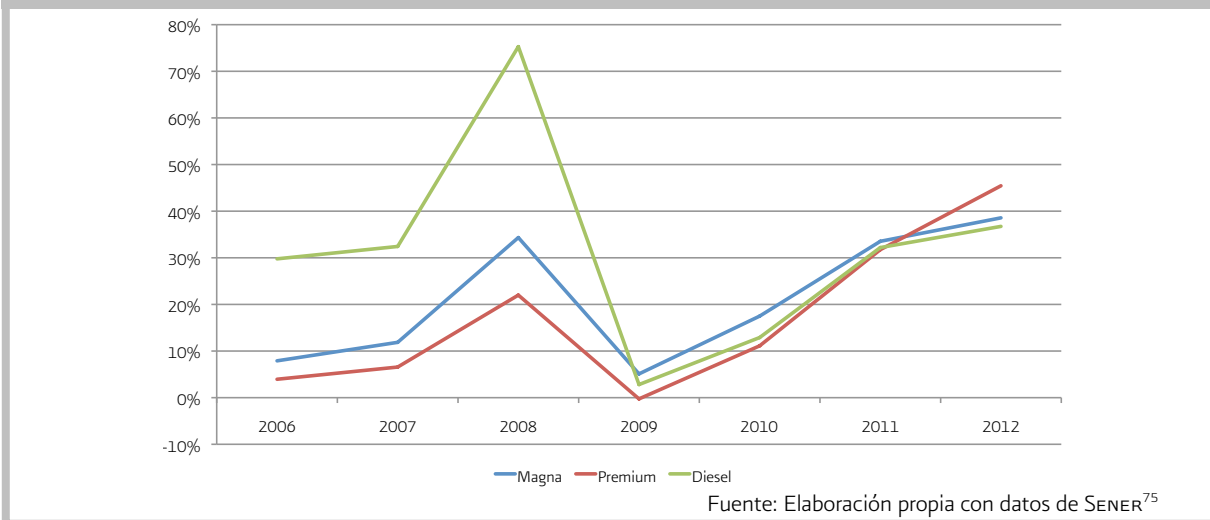


Figura 6.11 Descuento anual promedio que el subsidio representa sobre el precio de gasolinas y diesel.



El Centro Mario Molina (2008) estima que retirar el subsidio a combustibles para autotransporte permitiría reducir la demanda de gasolinas y diesel en 23 % hacia el 2020 y abatir emisiones en aproximadamente 24 MtCO₂e/año. El estimado del Centro Mario Molina supone que en el escenario tendencial el subsidio al precio de la gasolina es 24 por ciento.

El subsidio a las tarifas residenciales de electricidad promedia 64 %. El Centro Mario Molina estima que retirarlo reduciría la demanda de electricidad en 11 % y mitigaría hasta 22 MtCO₂e/año al 2020. Actualmente, el precio de la gasolina Magna tiene un desliz mensual equivalente a 1% de su precio, autorizado por el Congreso de la Unión, con el objetivo de equilibrar las finanzas públicas y reducir la

75 El porcentaje del subsidio se calcula dividiendo el IEPS entre el precio del combustible ajustado a la baja. El precio del combustible no incluye IVA, Cuota Estatal ni IVA a la Cuota Estatal.

dependencia del exterior. El INE ha estimado que en el periodo comprendido entre 2007 y 2011, el desliz mensual en el precio de la gasolina evitó emisiones de entre 67 y 145 MtCO₂e.

De acuerdo con datos publicados por SHCP, los subsidios a los combustibles, gas LP y electricidad sumaron \$289,562 millones de pesos en 2011, cifra que contrasta con el gasto federal destinado al Programa de Desarrollo Humano Oportunidades, que fue de \$59,119 millones de pesos en el mismo año. Los subsidios representaron, por otra parte, seis veces el presupuesto de la Universidad Nacional Autónoma de México. En la figura 6.12 se observa cómo, consistentemente, el gasto federal destinado a subsidios ha sido superior al monto asignado al Programa Oportunidades.

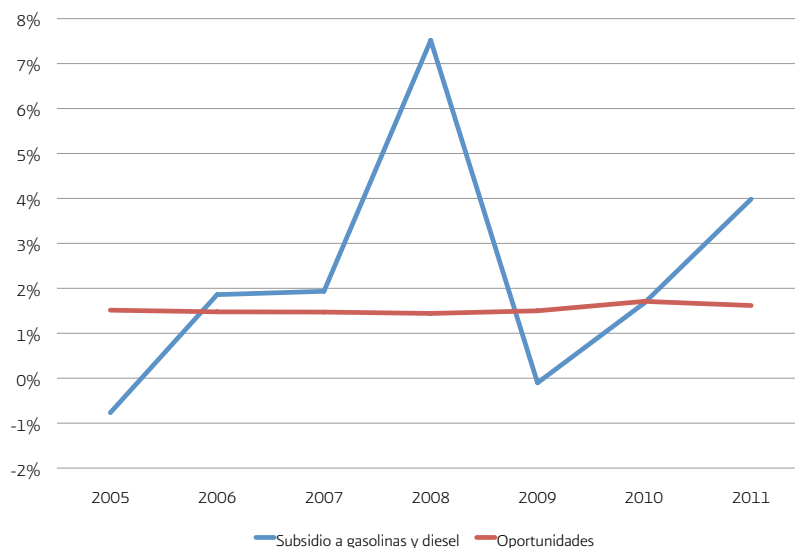
Los subsidios a energéticos son regresivos. Si distribuimos a todas las familias mexicanas en diez grupos de igual tamaño, ordenadas en forma ascendente según su ingreso, observamos que el 20 % más pobre (deciles I y II) se benefició de 3.5 % del

subsidio, mientras que el 20 % más rico (deciles IX y X) recibió 52 % del subsidio (figura 6.13).

Es recomendable que la eliminación del subsidio a los combustibles para autotransporte sea acompañada por la implantación de sistemas de transporte público eficiente y seguro, y por el fortalecimiento del sistema ferroviario para el transporte federal de carga. El ajuste en el consumo, en este caso la reducción en kilómetros recorridos, tiende a realizarse en aquellos grupos con menores recursos económicos. Si bien los diferentes tipos de automóviles son sustitutos cercanos entre sí, existe un escaso nivel de sustitución entre los vehículos privados y el transporte público.

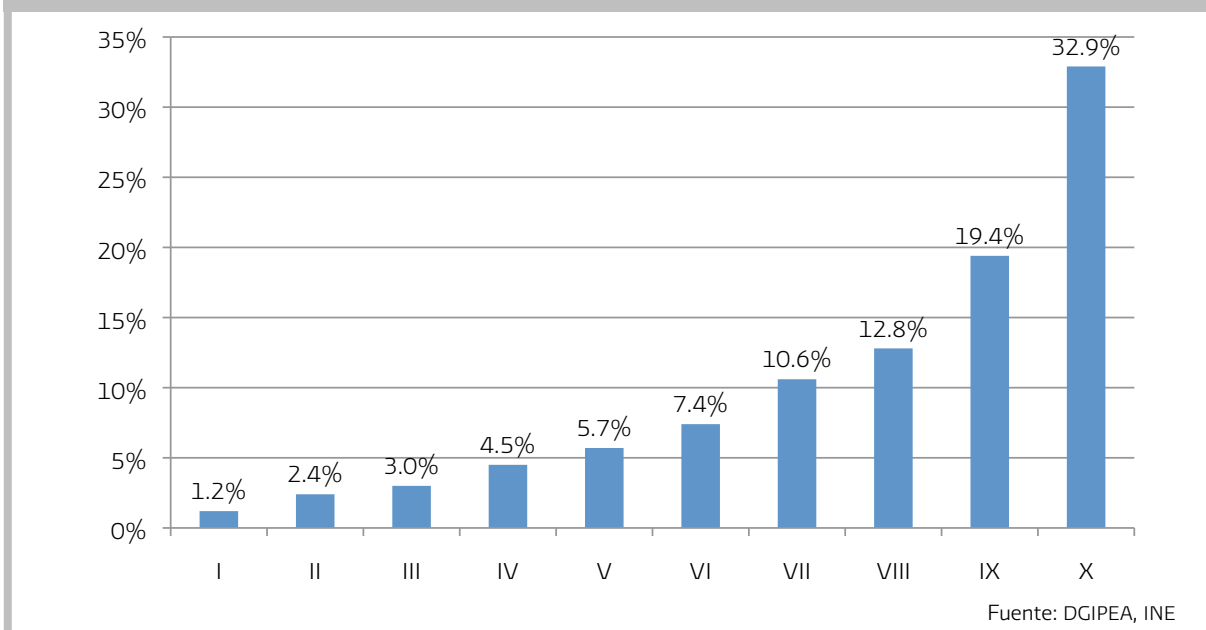
Existen diferentes lógicas para justificar la introducción de subsidios. Estos pueden ser tratados como transferencias para proteger el poder adquisitivo de los grupos sociales más vulnerables o como un mecanismo de control inflacionario. Diferentes países han implementado esquemas de reducción o eliminación de subsidios a los combustibles fósiles,

Figura 6.12 Comparativo de la participación del subsidio a combustibles y del Programa de Desarrollo Humano Oportunidades en el gasto federal



Fuente: Elaboración propia con datos del Anexo Estadístico del VI Informe de Gobierno 2012, INEGI
 Nota: Tasas positivas implican subsidio neto, mientras tasas negativas se traducen como impuesto neto.

Figura 6.13 Incidencia del subsidio a la gasolina por decil de ingreso.



que incluyen la implementación de medidas compensatorias. Irán y Alaska han implementado transferencias directas a cuentas bancarias para cada hogar o individuo, Bolivia ha utilizado los recursos para financiar un esquema de pensiones básicas no contributivas, mientras Noruega los utiliza para el financiamiento de fondos de pensiones.

Ibarrarán, M., Boyd, R. y Elizondo, A. (2012) estiman que en México, los recursos asignados a subsidios podrían ser reasignados con considerables ganancias distributivas, ambientales y económicas. El Banco Mundial ha analizado diferentes alternativas compensatorias para México (cuadro 6.5).

Cuadro 6.5 Variación de indicadores macroeconómicos con respecto al escenario tendencial.

Escenario	Indicador	2012	2018	2024	2030
Eliminación gradual de subsidios a energéticos, que no considera medidas compensatorias y donde el Estado retiene la totalidad de los recursos.	Δ PIB	-0.94%	0.34%	0.69%	1.54%
	Δ Ingresos gubernamentales	6.25%	6.42%	5.86%	5.1%
Eliminación gradual de subsidios a energéticos, con implementación de medidas compensatorias y donde el Estado transfiere la totalidad de los recursos.	Δ PIB	-1.02%	-1%	1.23%	2.08%
	Δ Ingresos gubernamentales	0%	0%	0%	0%
Implementación de cobertura universal de servicios de salud, que se financia con expansión del IVA y el retiro de subsidios a energéticos. Contempla reducción en las cuotas obrero-patronales de la seguridad social.	Δ PIB	0.75%	1.91%	2.8%	3.02%
	Δ Ingresos gubernamentales	-0.2%	2.45%	3.17%	3.48%

En el largo plazo, tras la eliminación de los subsidios a la energía, e independientemente de si el proceso fue gradual o repentino, se pueden reducir las distorsiones en las señales de precios y liberarse recursos gubernamentales. En el corto plazo, sin embargo, durante el periodo de ajuste se pueden observar impactos negativos en el bienestar de la población. La implementación de transferencias universales, de forma concurrente con la eliminación del subsidio, permite mitigar los efectos económicos adversos sobre el nivel de bienestar de la población⁷⁶.

Ya sea que se transfiera el total de los recursos ahorrados o una fracción de ellos, el mecanismo por sí mismo puede ayudar a evitar el estancamiento de la actividad económica, pues mantendría constante tanto el gasto como la demanda. En el corto plazo, los sectores más afectados por el retiro de subsidios serán aquellos intensivos en el uso de energía.

6.4 Transporte

6.4.1 Infraestructura de transporte urbano

Los proyectos identificados de inversión en infraestructura de transporte urbano pertenecen al Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo (PROTRAM), que forma parte del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), operado por BANOBRAS. El potencial de abatimiento total estimado con estos proyectos al 2020 es cercano a 2 Mt-CO₂e y actualmente se conforma de la siguiente manera⁷⁷.

- Tres líneas de tren suburbano en la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM), con una inversión estimada de 24 mil millones de pesos.
- Siete trenes urbanos en otras ciudades, con una inversión estimada de 30 mil millones de pesos.

- Siete corredores de un Sistema de Autobuses Confinados (BRT) en construcción o listos para construir y 21 en diferentes etapas de planeación. La inversión estimada para los 21 proyectos en planeación es de entre 10 y 15 mil millones de pesos⁷⁸.

Además de los beneficios estimados por abatir emisiones de GEI, también se espera que la implementación de los proyectos de BRT genere beneficios sustanciales⁷⁹.

- Reducción de contaminantes locales, que se traduzca en una disminución de enfermedades asociadas valorada entre 60 y 80 millones de dólares.
- Reducción en el consumo de combustibles fósiles, con un menor gasto federal por concepto de subsidios a combustibles de entre 10 y 13 millones de dólares.
- Mayor productividad por reducir tiempos de traslado (40-53 millones de horas-hombre ahorradas), con valor de entre 26 y 34 millones de dólares anuales y mejoría en la calidad de vida.
- Creación de empleos temporales en la construcción de infraestructura, y migración de empleos informales a formales para los operadores del sistema BRT.

El transporte urbano presenta barreras para su funcionamiento eficiente y para reducir sus emisiones, principalmente por factores regulatorios, financieros y políticos. El sector transporte es un sector complejo ya que intervienen en él diversas instancias con diferentes responsabilidades y existe fragmentación gubernamental, lo que dificulta una adecuada visión a largo plazo y complica la cooperación inter-institucional hacia una meta específica.

76 Scott, J. (2011).

77 SHCP (2010).

78 CESPEDES (2012).

79 CESPEDES (2012).

La falta de una política pública clara de desarrollo urbano ha contribuido al patrón actual de ciudades dispersas, desconectadas y extensas, que genera altas ineficiencias en el transporte y tiene un impacto considerable en la economía, la calidad de vida y el medio ambiente.

Es difícil que a nivel municipal se cumpla con las responsabilidades sectoriales debido a un déficit en capacidades técnicas para diseñar, implementar y evaluar proyectos. Esto afecta también la realización de proyectos que se extienden a varios municipios o estados.

Hay mucha resistencia a la modernización y al cambio en los sistemas actuales de transporte público por parte de los concesionarios, que operan con un modelo de negocios ineficiente, pero rentable basado en volumen de pasajeros, que no considera la seguridad, eficiencia, nivel de servicio y optimización de rutas. Las tarifas controladas en el transporte público generan incentivos perversos, reducen la eficiencia en el uso del transporte y limitan la calidad y el crecimiento del sector. Una barrera importante para el desarrollo de líneas de transporte público eléctrico —como el metro, los tranvías y los trenes suburbanos— es la cuantiosa inversión requerida.

Las inversiones de capital bajo los esquemas de Participación Pública Privada (APP) aún no son una práctica común, y persisten barreras regulatorias, institucionales y en la banca de desarrollo.

Es recomendable que el gobierno federal se convierta en un promotor de la evolución hacia sistemas de transporte público seguro, limpio, cómodo y eficiente, como parte de una política integral de desarrollo urbano y movilidad. Otros puntos de interés son:

- Planificación de los centros urbanos para reducir la demanda de transporte e incrementar su eficiencia.

- Incentivos al transporte no motorizado, dando prioridad al transeúnte y al ciclista en desplazamientos cortos, para generar beneficios ambientales y de salud inmediatos.

Además de incrementar el gasto público y privado en obras de infraestructura que optimicen el sistema de transporte, hay otras medidas que pueden mejorar los sistemas de transporte:

- Crear una entidad que concentre los proyectos y coordine a las instancias y niveles de gobierno, manteniendo un acervo del conocimiento generado en proyectos anteriores.
- Ampliar modelos de la demanda, mediante análisis de origen-destino, para generar sistemas optimizados de rutas con tecnologías rentables, coordinar rutas alimentadoras y generar redes multimodales eficientes.
- Organizar y negociar, junto con los concesionarios actuales, estrategias para la evolución a sistemas de transporte público limpio, seguro y de calidad. Para ello es necesario crear estructuras legales y de remuneración que generen los incentivos correctos.
- Capacitar a las autoridades municipales en la planeación del transporte público, para que puedan introducir nuevas alternativas de transporte, tanto en las tecnologías como en la estructura de participación del capital (por ejemplo los esquemas de APP). De esta forma se podría minimizar el requerimiento de subsidios en sistemas nuevos.
- Revisar el marco regulatorio de las tarifas de transporte público para fomentar la reinversión y la mejora continua. Las tarifas deben ser definidas con criterios técnicos y económicos que garanticen la rentabilidad, evitando factores políticos.

- Utilizar eficazmente los mercados de carbono para el financiamiento de proyectos de transporte público.

Finalmente, es importante hacer hincapié en la necesidad de modificar la presente estructura de subsidios a los combustibles fósiles, pues ésta desincentiva las acciones identificadas y la concientización deseable en los usuarios finales con respecto al costo real de la energía y a su uso eficiente.

6.4.2 Optimización de los sistemas de transporte

Dentro de las acciones identificadas para optimizar los sistemas de transporte inter-urbano que contribuyen a la mitigación del cambio climático, se encuentran:

- Incrementar la participación de los ferrocarriles en el transporte terrestre de carga.
- Mejorar la logística del transporte carretero de carga, mediante la operación coordinada de los vehículos, la creación de cooperativas y asociaciones, la construcción de terminales especializadas y corredores de carga y la puesta en marcha de un sistema de información confiable.

La optimización de los sistemas se dificulta por la carencia de un ente regulatorio que tenga una visión clara de la movilidad y de la demanda de transporte

a nivel regional, y que pueda mediar entre instituciones públicas y privadas y entre administraciones municipales y entidades federativas. Ello complica el uso óptimo de la infraestructura de transporte regional. Además, los requerimientos de capital para la operación de sistemas sustentables de transporte inter-urbano son considerables, y los esquemas de financiamiento actuales no han sido diseñados para proyectos de este tipo.

Por otra parte, en los gobiernos estatales y municipales aún persisten barreras técnicas y regulatorias para el diseño, la implementación y la evaluación de proyectos integrales a nivel regional. Es conveniente concentrar la planificación y ejecución de proyectos de transporte inter-urbano en una entidad, para optimizar las rutas de transporte y minimizar las ineficiencias en zonas de alto tráfico (por ejemplo, en las inmediaciones a zonas urbanas). Adicionalmente, se debe fortalecer los sistemas de transporte mediante la generación de nuevos modelos de negocios, a través de asociaciones público-privadas y cooperativas de transporte que puedan generar las soluciones apropiadas a la demanda nacional de transporte de carga.

Es posible abatir emisiones implementando medidas de optimización de tráfico vehicular en los centros urbanos. Por ejemplo, introducir peajes electrónicos para circular en las áreas más congestionadas durante el día o la designación de zonas restringidas a la circulación. La Fundación William



y Flora Hewlett (2009) estima que la introducción de peajes en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara tiene el potencial de abatir entre 3 y 7 MtCO₂e/año al 2030.

6.5 Manejo sustentable de residuos

6.5.1 Cadena de valor en la oferta de residuos

Cada año se generan en México más de 41.1 millones de toneladas (Mt) de residuos sólidos urbanos, por lo que la generación per cápita anual de residuos sólidos es de aproximadamente 359.8 kg. La composición promedio aproximada es: 53 % de residuos orgánicos, 28 % potencialmente reciclables y 19 % no aprovechables. De acuerdo con su disposición, 72 % (29.6 Mt) fue trasladado a sitios controlados, 23.2 % (9.5Mt) a sitios no controlados y 4.8 % (2Mt) fue recuperado para reciclaje⁸⁰. La infraestructura para dar un manejo adecuado a los residuos sólidos urbanos es aún insuficiente, y la capacidad instalada en el país debe ser optimizada para contar con sistemas efectivos de manejo que permitan su aprovechamiento, recolección y reciclaje. La gestión integral de los residuos constituye una fuente de oportunidades para generar mercados y cadenas productivas formales, mismas que implican criterios de desempeño ambiental para aprovechar los materiales o el contenido energético de los desechos.

México se beneficiaría de realizar esfuerzos para la valorización de los residuos, así como de diseñar y construir infraestructura apropiada que permita la recolección, separación, reciclaje y disposición final de éstos. Se requiere además vigilar que se cumpla la normatividad vigente en las instalaciones y en las operaciones de manejo.

Para lo anterior, es importante impulsar la participación del sector privado en proyectos de separación, reutilización y reciclaje de desechos y en la creación de centros de acopio, previo desarrollo y

refuerzo de mecanismos y regulaciones. Se sugiere además corresponsabilizar del manejo de los residuos a las organizaciones que los generan, de tal manera que participen activamente en la recolección y reutilización de los mismos. Ello implicaría asignarles responsabilidades específicas en la recolección y el tratamiento de los residuos, más allá de las competencias generales de las autoridades, que dejan vacíos legales difíciles de delimitar.

Es importante contar con una visión a largo plazo, proponiendo la creación de organismos regionales para construir y operar rellenos sanitarios, aprovechando economías de escala, dando certidumbre a proyectos con tiempos largos de desarrollo y mejorando las condiciones operativas y logísticas.

Otras acciones que contribuirían a un manejo sustentable de los residuos son las siguientes:

- 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 puedan implementar las mejores prácticas del mundo.
- Mejorar los sistemas de planeación urbana y ordenamiento territorial, lo que tiene el potencial de maximizar los impactos positivos de las acciones que se emprendan.
- Reforzar las campañas educativas e informativas para sensibilizar a la población respecto de la reducción en la generación de desechos y el consumo de agua.

6.5.2 Acciones de mitigación mediante el manejo sustentable de residuos

El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR), impulsado por SEMARNAT, ha tenido los siguientes avances al 2012:

⁸⁰ Presidencia de la República (2011).

- Recuperación de 3,000 a 4,000 toneladas diarias (entre 11 y 15 %) de residuos sólidos urbanos (RSU) en Centros Integrales de Aprovechamiento y Reciclaje.
- Reducción de emisiones de GEI por casi 9.5 MtCO₂e anuales.
- Recuperación de 300,000 toneladas al año de Residuos de Manejo Especial (RME) para reciclaje (construcción, llantas, electrónicos, electrodomésticos, vehículos usados).

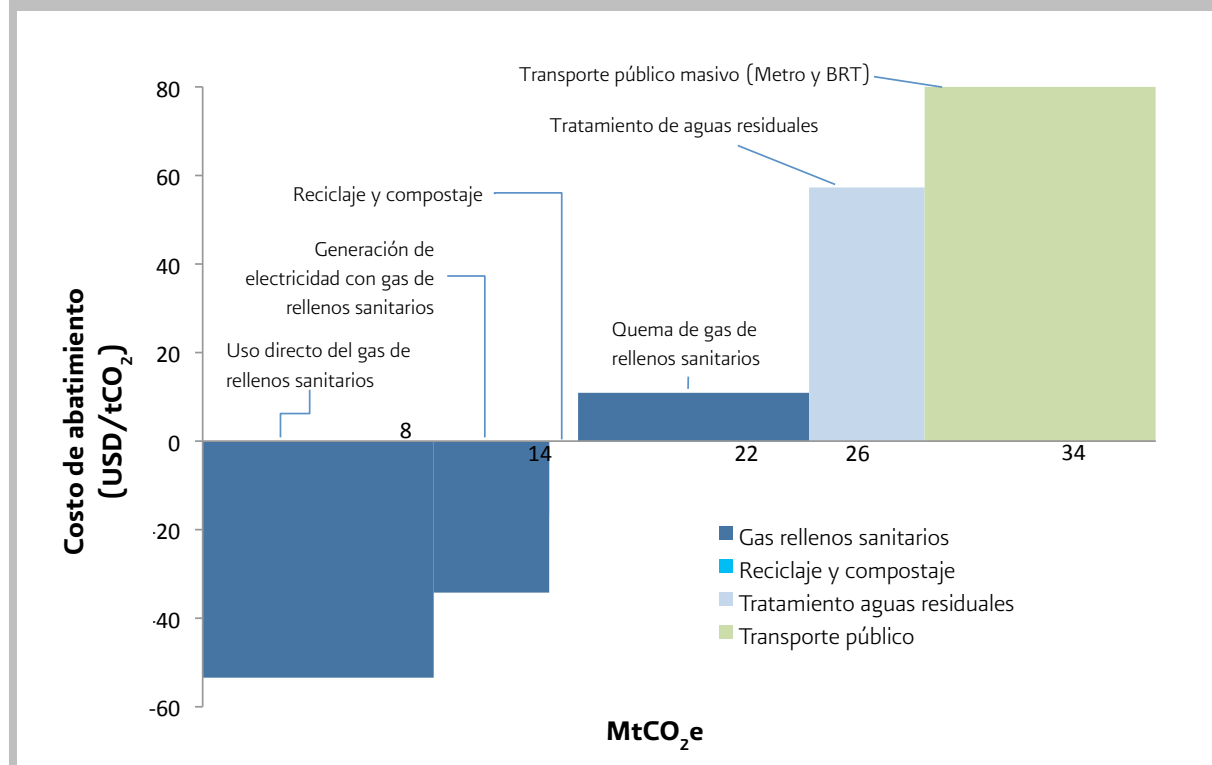
Este sector tiene un potencial teórico de abatimiento de 26 MtCO₂e (figura 6.14), y comprende proyectos en cuatro categorías básicas:

- **Tratamiento de aguas residuales.** Además del beneficio por reducción de emisiones, el agua tratada se puede aprovechar para otras actividades, mientras que el CH₄ se puede aprovechar

para generar electricidad con la que operan las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

- **Captura y aprovechamiento de biogás producto de rellenos sanitarios y PTAR.** En los rellenos sanitarios de gran capacidad, el aprovechamiento del CH₄ para generar electricidad arroja ingresos que superan la inversión tecnológica.
- **Reciclaje.** Esta actividad incrementó su capacidad en 154 % entre 2002 y 2011, y ofrece grandes oportunidades para el sector industrial por el ahorro de costos asociado.
- **Composta.** Puede ayudar a aumentar la productividad de la producción agrícola, aunque es necesario analizar con mayor profundidad el valor en el mercado y las alternativas para lograr proyectos viables.

Figura 6.14 Potencial de mitigación en el sector de residuos al 2020.



En 29 rellenos sanitarios, localizados en 19 ciudades de la República Mexicana, se ha identificado proyectos para aprovechar biogás en la generación de energía, con un potencial de abatimiento de 4.4 MtCO₂e⁸¹. A la fecha, se han desarrollado nueve sitios, mientras que los demás proyectos están en proceso de análisis de factibilidad. Aún persisten barreras regulatorias para detonar la inversión en proyectos de aprovechamiento de CH₄ en rellenos sanitarios. Si bien la recolección y el manejo de RSU están regulados, la asignación de responsabilidades no está claramente definida entre las competencias municipales, estatales y federales, lo que ocasiona una falta de coordinación entre las autoridades para garantizar la correcta operación de los servicios de tratamiento de RSU. Es necesario también aclarar los derechos sobre los beneficios derivados del uso del biogás producido.

El Gobierno del Distrito Federal (GDF) ha licitado, durante 2012, la concesión de los residuos sólidos urbanos propiedad de la ciudad, que se encuentran en el Relleno Sanitario Bordo Poniente – Etapa IV, para la captura y aprovechamiento del biogás generado por los mismos, que puede ser utilizado como combustible o para generar energía eléctrica. En este esquema, el concesionario asumirá el costo de inversión de la clausura y saneamiento del relleno sanitario, junto con la tarea de gestionar la inclusión del proyecto en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto. El GDF utilizará los recursos obtenidos por la venta de la reducción de emisiones GEI para financiar acciones de mitigación. Si el concesionario aprovecha el biogás para generar energía eléctrica, el GDF se compromete a comprar la totalidad de la energía eléctrica generada por el proyecto.

Por otra parte, se han identificado tres proyectos de tratamiento de aguas residuales con un potencial de abatimiento de 1.02 MtCO₂e al 2020. La planta

de Atotonilco, Hidalgo, será la más grande del país, con capacidad para tratar 23 m³/s, con un potencial de mitigación de 0.50 MtCO₂e por año. Los otros proyectos son las PTAR El Ahogado, en Tlajomulco, Jalisco, y Agua Prieta, en Zapopan, Jalisco. Adicionalmente, la PTAR Dulces Nombres, en Monterrey, Nuevo León, es un proyecto en evaluación con potencial adicional. Las barreras identificadas relacionadas con el tratamiento de aguas están directamente ligadas con la gestión del agua potable, principalmente por el régimen tarifario y los subsidios en las concesiones al sector agropecuario. En este último caso, el agua se provee sin costo, eliminando la posibilidad de un mercado de agua tratada. Adicionalmente, la estructura tarifaria actual dificulta la reinversión de los operadores para desarrollar capacidades técnicas y financieras, y limita la expansión de la infraestructura necesaria para mejorar la eficiencia operativa, e incluso para desarrollar proyectos de reducción de emisiones.

La inversión total estimada para llevar a cabo los proyectos identificados es superior a los 16 millones de dólares. El desarrollo de proyectos de manejo de residuos y tratamiento de aguas residuales requiere, en general, un tiempo más largo que el de las administraciones municipales (de solo tres años), lo que dificulta su realización. Es necesario establecer garantías en la recolección de los residuos para poder darle viabilidad a proyectos con períodos de maduración más largos. Se necesita también un marco legal que permita la colaboración entre las entidades federativas, los municipios y los desarrolladores privados de los proyectos, para fomentar un tratamiento responsable e integral de los desechos. También se ha detectado una carencia de capacidades institucionales a nivel estatal y municipal para poder desarrollar la planeación, ejecución y operación de los sistemas de recolección y manejo de RSU, así como de los proyectos de captura y aprovechamiento de metano.

81 INE (2010c).

82 CONAFOR (2010).

83 SRA (2007).

6.6 Uso de la tierra

En México, la presión sobre los bosques obedece en gran medida a las tensiones intersectoriales que subyacen al uso de la tierra: los productos forestales nacionales compiten en desventaja en los mercados por los altos costos de transacción y baja productividad, mientras que la necesidad de satisfacer los requerimientos básicos de los pobladores locales los empuja a desarrollar actividades productivas no sustentables que ofrecen mayor valor en el corto plazo⁸². La frontera entre los sectores forestal y agrícola es de especial importancia en México, pues ahí se concentra una parte importante de la población rural. Hasta el año 2007, esta población ascendía a 24.2 millones de personas, que representan 23.5 % de la población del país⁸³.

Un enfoque integral para la planeación, el ordenamiento y la regulación territorial podría ayudar a resolver estas tensiones y favorecer la confluencia de competencias dentro del sector público en el diseño de políticas estratégicas que atiendan, simultáneamente:

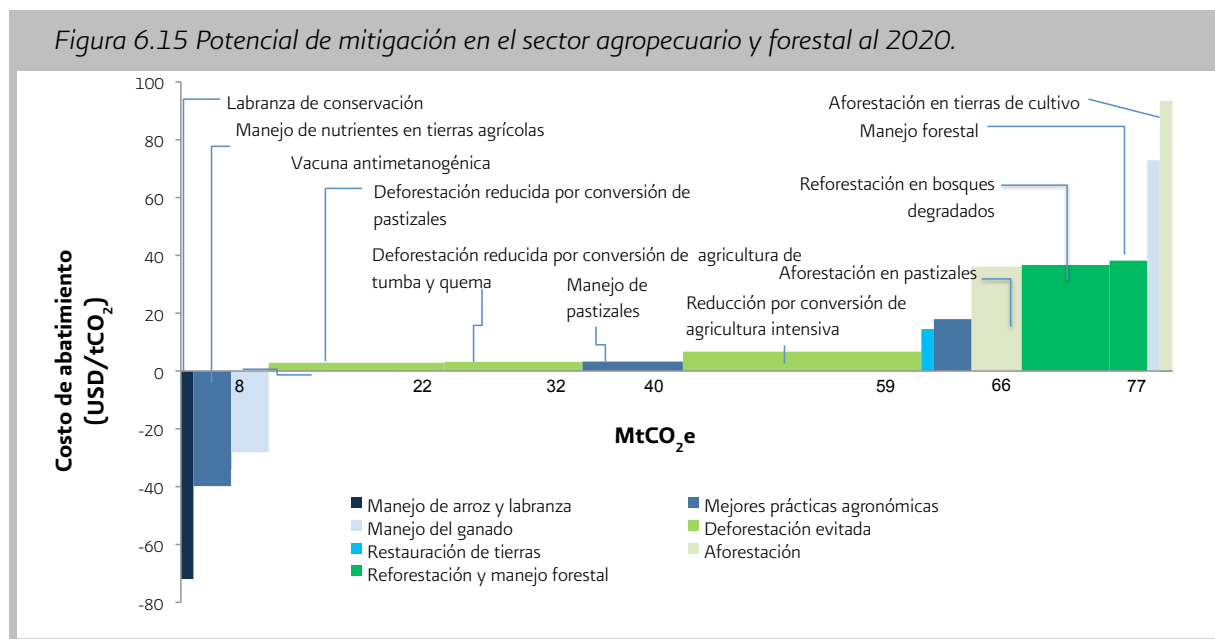
- La activación productiva del campo.
- La sustentabilidad de las actividades que lo soportan.
- El manejo responsable y cuidadoso de los recursos naturales del país.

Las acciones relativas al uso de la tierra tienen un potencial de abatimiento de 77 MtCO₂e como se muestra en la figura 6.15.

6.6.1 Sector forestal

México posee cerca de 64 millones de hectáreas cubiertas de bosques, de las cuales 50 millones pertenecen a comunidades rurales con un modelo de tenencia comunitario único en el mundo: el ejido. El resto de los bosques es propiedad de dueños individuales, pequeños y fragmentados⁸⁴.

A finales de 2006, la superficie cubierta por los distintos esquemas de conservación y manejo de los ecosistemas terrestres y sus recursos naturales



82 CONAFOR (2010).

83 SRA (2007).

84 Banco Mundial (2012a).

fue superior a 500 mil km². Entre 1993 y 2007, se perdieron 3.9 millones de hectáreas de la superficie de ecosistemas forestales. Gracias a la combinación de diversos programas gubernamentales, la tasa de pérdida observada entre 2002 y 2007 (330,708 ha anuales) fue 34 % menor a la del periodo 1993-2002 (499,903 ha anuales)⁸⁵.

La emisión de GEI por el cambio de uso de suelo y la silvicultura fue de 70.20 MtCO₂e (9.9 % del total nacional) en 2006⁸⁶, que se debió mayormente a la combustión y descomposición de la biomasa vegetal, así como a la pérdida de carbono orgánico de los suelos. Ambos procesos están relacionados con el cambio de uso de suelo hacia cubiertas no forestales. El sobrepastoreo y la deforestación son también causas importantes de emisiones de GEI en la frontera agroforestal, y se suman a los procesos de degradación de la tierra.

El sector forestal tiene un potencial teórico de abatimiento de emisiones de 57 MtCO₂e, que se basa en alternativas para evitar la pérdida de cobertura forestal: reforestación, aforestación y deforestación evitada. Existen varios proyectos en marcha que tienen un potencial de abatimiento significativo al 2020⁸⁷:

- Programa de Manejo Forestal Sustentable (PRODEFOR): 6.7 MtCO₂e.
- Programa de Cultivo Forestal en Bosques Templados: 3.8 MtCO₂e.
- Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS): 3.6 MtCO₂e.
- Otros proyectos dentro del esquema PROÁRBOL: 7.8 MtCO₂e.
- Ocho proyectos piloto REDD+: 10.1 MtCO₂e.

El documento *Visión de México sobre REDD+*, publicado por CONAFOR, ofrece una primera versión de las líneas de acción que permitirán generar una Estrategia Nacional de REDD+ en México. Además, el proyecto Los Bosques de México y el Cambio Climático, financiado parcialmente por el Banco Mundial, busca consolidar los programas de incentivos a los servicios forestales y ambientales, por medio de la ayuda a comunidades rurales en México a lograr un manejo sustentable de los bosques, apuntalar su organización social y generar valor a través de los productos y servicios forestales (incluyendo REDD+). Se estima que unos cuatro mil ejidos y comunidades podrían ser beneficiados por este programa de cinco años.

Para identificar y cuantificar la influencia de ciertas variables económicas sobre el cambio voluntario de los usos del suelo, de bosques y selvas, hacia usos agropecuarios o urbanos, el INE desarrolló el Índice de Presión Económica (Riesgo) de Deforestación (IRDef), un vector con características que pueden ser resumidas en un índice geográfico. El IRDef es un indicador de los costos de oportunidad de los predios forestales, en forma de una variable continua en una escala entre 0 y 1. Ha sido utilizado como herramienta para la focalización de programas públicos, principalmente el de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y en la operación de políticas públicas con dos propósitos:

1. La identificación de los sitios con una mayor necesidad de intervención pública por su riesgo a ser deforestados. Así se pueden enfocar y eficientar los recursos públicos en los programas de apoyo. El resultado es una clasificación en cinco niveles de riesgo por la presión económica sobre los predios.
2. La evaluación de políticas públicas sectoriales. El efecto real de un programa de conservación

85 CONAFOR (2010).

86 CICC (2009).

87 INE (2010a).



se estima como la diferencia entre la deforestación observada en una zona después de la aplicación del programa, y la línea base generada a partir del IRDef para la misma zona.

Entre los resultados más relevantes observados mediante la aplicación de este índice, sobresalen los siguientes:

- Los bosques identificados como de muy alto riesgo de deforestación, usando el modelo con datos de la década de 1990, son los que mostraron las tasas más altas de deforestación durante la siguiente década.
- Las causas y patrones de la deforestación no parecen cambiar entre las décadas estudiadas, lo que sugiere que éste es un fenómeno estable y que focalizar los programas públicos tiene el potencial de transformar estructuralmente el fenómeno y reducir efectivamente la deforestación.

Otro programa que ha generado beneficios de mitigación importantes es el de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), operado por

CONAFOR desde 2003, con recursos del cobro de derechos que hace la Comisión Nacional del Agua a través del Fondo Forestal Mexicano. Los servicios ambientales hidrológicos son aquellos que brindan los bosques y selvas, y que ayudan a: *a)* mantener la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, *b)* reducir la carga de sedimentos y de corrientes durante las precipitaciones extremas, *c)* conservar los manantiales y maximizar el volumen de agua superficial en época de secas, *d)* reducir el riesgo de inundaciones.

El programa fue diseñado como una política complementaria que atacase tanto la desforestación como la escasez de agua, especialmente en zonas donde la silvicultura comercial no es competitiva y los índices de pobreza son altos. Por medio de él, se otorgan pagos (considerando el costo de oportunidad local) a los propietarios elegibles para que manejen de manera sustentable sus recursos forestales y mantengan o incrementen los servicios ambientales hidrológicos.

Se estima que este programa fue responsable de evitar la deforestación de 17,389 ha entre 2000 y 2007, lo que se traduce en 3 MtCO₂e no emitidas

a la atmósfera en ese periodo. Pese a que se ha detectado que una mejor elección de los beneficiarios puede aumentar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia del programa, se ha observado una reducción real en la tasa de deforestación y se ha involucrado exitosamente a comunidades de escasos recursos en el proceso.

La presión de la barrera agropecuaria sobre la forestal difícilmente se aliviará bajo la estructura tradicional sectorial del gobierno, y son necesarios mecanismos y plataformas que fortalezcan la planeación integral del ámbito rural, teniendo como prioridad la resolución de tensiones por el uso del suelo, el aprovechamiento eficiente de los recursos y el cumplimiento de los lineamientos legislativos en materia de ordenamiento ecológico territorial. Esto permitirá conciliar las aptitudes, prioridades y necesidades de los usos del territorio congruentemente con sus recursos y los servicios que ofrecen (como la captura y el almacenamiento de carbono)⁸⁸.

La funcionalidad de los programas actuales puede ser mejorada, si se rediseña el marco de evaluación de manera que mida integralmente la variación en los acervos locales y regionales de carbono. Esto permitiría medir el progreso de las iniciativas y el resultado de la combinación de programas, que buscan maximizar dichos acervos en los ecosistemas. La inclusión de indicadores de desarrollo de las economías locales y regionales, como parte de la evaluación de las intervenciones, es altamente deseable.

Finalmente, los sistemas de monitoreo, reporte y verificación no son lo suficientemente estrictos para asegurar que las acciones programadas se estén llevando a cabo, lo cual aumenta la percepción de riesgo en proyectos dentro del sector, desincentiva la inversión y aumenta el costo. La revaloración económica de las alternativas de uso del suelo, las prácticas de conservación y los servicios ambientales derivados de los recursos naturales podrían ayudar a fortalecer el desarrollo rural, pues maximiz-

zarían las sinergias entre iniciativas de mitigación y adaptación al cambio climático.

6.6.2 Sector agropecuario

En 2007, 11.5 % de la superficie total del país se destinó a actividades agrícolas⁸⁹. De la superficie que se siembra, 78 % corresponde a temporal y 22 % a riego.

En 2006, las emisiones totales de GEI provenientes de las actividades agropecuarias sumaron 45.5 MtCO₂e (6.4 % del total nacional), principalmente por emisiones de metano (CH₄) derivadas de la fermentación entérica, del manejo de estiércol y del cultivo de arroz, así como de nitrógeno, en forma de óxido nitroso (N₂O), proveniente de suelos agrícolas y de quemas programadas. El total de estas emisiones ha disminuido entre 1990 y 2006, en gran parte debido a la caída en la producción ganadera y el aumento en importaciones de productos agropecuarios. La línea base de emisiones de GEI del sector proyecta, en ausencia de acciones de mitigación, emisiones de 58 MtCO₂e, al 2020 y 64 MtCO₂e anuales, al 2030.

El abatimiento teórico potencial de emisiones de GEI en el sector agropecuario al 2020 se ha estimado en 20 MtCO₂e, derivado, en su mayor parte, de mejorar las prácticas agropecuarias en los cultivos principales, restaurar tierras degradadas, reducir o eliminar labranza y manejar adecuadamente el ganado.

Se han identificado proyectos que tienen un potencial de mitigación estimado en 5.1 MtCO₂e al 2020. El potencial se concentra en proyectos de manejo de residuos pecuarios (3.5 MtCO₂e anuales); este potencial es adicional al considerado inicialmente en la curva de costos presentada con anterioridad en este documento.

Existen varios programas del gobierno que buscan aumentar la productividad del campo, como el programa de Modernización Sustentable de la Agri-

88 SEMARNAT (2009).

89 INEGI (2007).

cultura Tradicional (MasAgro). Para maximizar el impacto ambiental positivo, estos programas deben conjugarse con las oportunidades de mitigación del cambio climático, con acciones como el fomento de la labranza de conservación, por ejemplo, que parece ser una práctica prometedora para reducir el consumo de energía y maximizar el almacenaje de carbono en el suelo.

Los proyectos del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de la SAGARPA, que promueven el uso de fuentes de energía renovable en el sector agropecuario, también han arrojado buenos resultados en cuanto a reducción de emisiones de GEI. Varias intervenciones en este sector ofrecen cobeneficios interesantes para la sociedad. Por ejemplo, el programa de intercambio de fogones abiertos de biomasa por estufas eficientes ha sido impulsado tanto desde el sector forestal como desde el agropecuario (por medio del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, PESA), y es un buen ejemplo del éxito que puede lograrse mediante un ejercicio de planeación intersectorial adecuado, pues no tan solo ha impactado positivamente en la salud de las familias rurales, sino también en la disminución del consumo de leña para la cocción de alimentos.

Las prácticas que pueden promoverse de forma masiva para abatir las emisiones provenientes de las actividades agropecuarias incluyen:

- Adaptación a cultivos con menores requerimientos hídricos para mejorar la conservación de agua y suelos.
- Racionalización del uso de agroquímicos, uso de biofertilizantes, y mejoramiento de las semillas.
- Reconversión productiva sustentable fomentando los cultivos perennes y la labranza de conservación en sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles.
- Mejora en la productividad y variedad de cosechas, rotación extendida de cosechas y re-

ducción de tierras sub-utilizadas, sistemas de cosecha menos intensivos y uso extendido de cosechas cubiertas.

- Eficiencia energética y uso de energías alternativas.
- Ajustes de la carga animal y planificación en tierras de agostadero.
- Masificación del tratamiento de los desechos pecuarios para autogeneración de energía

También se ha detectado que puede generarse valor mediante el fortalecimiento de las capacidades institucionales locales, de la replicación de proyectos regionales exitosos y de la combinación sinérgica de los distintos programas. Desarrollar estas áreas permitiría identificar, implementar y evaluar las políticas y proyectos que cumplan con la triple meta de generar valor, abatir emisiones de GEI y reducir la pobreza en el campo.

Para que las actividades agroforestales puedan incrementar su valor mediante la creación de cadenas productivas, basadas en la explotación sustentable del sector rural, se requiere robustecer tanto las capacidades de los productores como las plataformas de intermediarios y proveedores de tecnología y de financiamiento. Simultáneamente, es importante estimular la administración eficiente de los recursos para disminuir las pérdidas, aumentar la eficiencia en su consumo, garantizar el abasto y aumentar la productividad del sector rural.

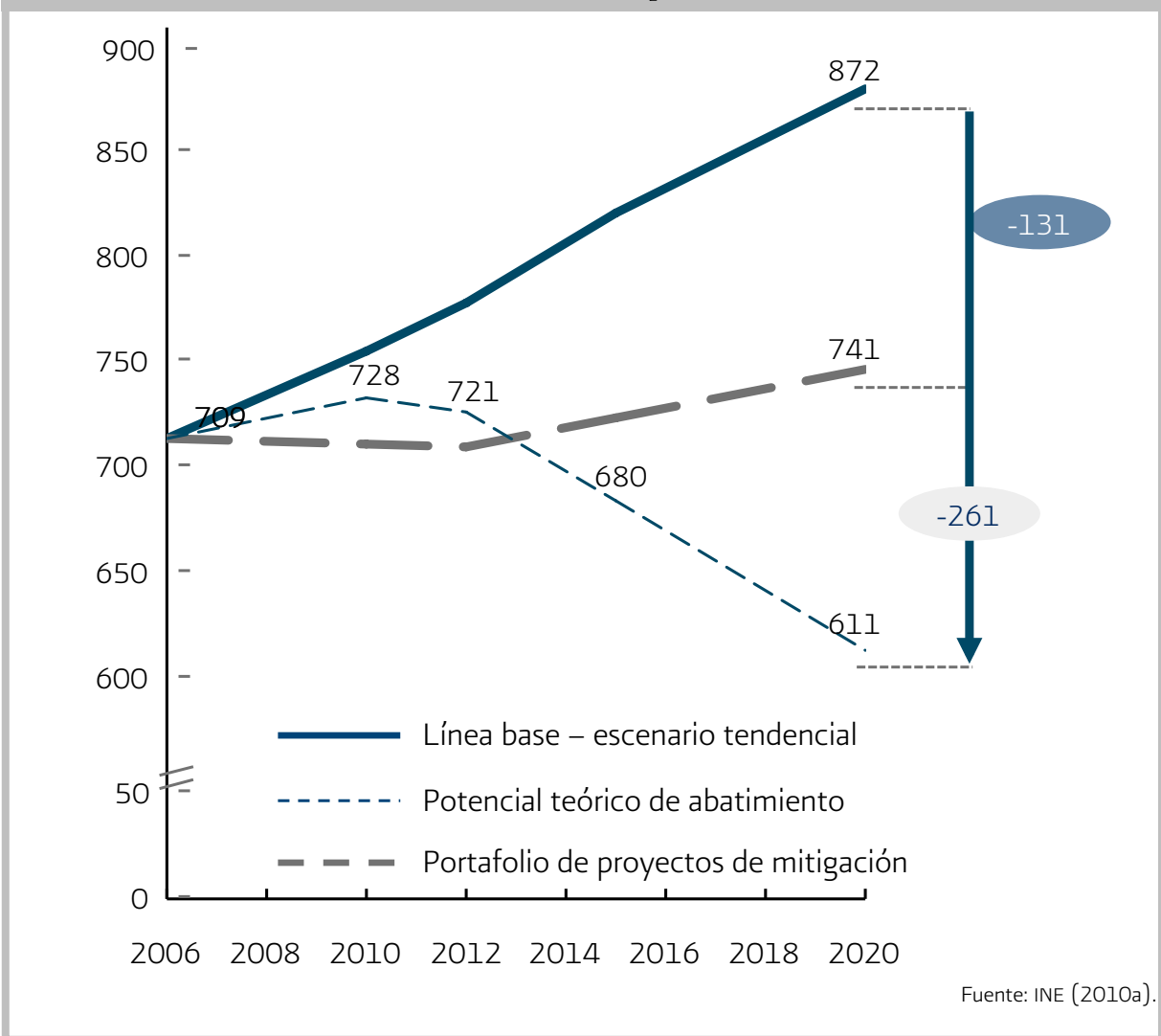
Como se explicó más detalladamente en la sección 6.2 Consumo eficiente de energía, la reasignación de los actuales subsidios al agua y la electricidad hacia la adquisición de tecnologías más eficientes puede dirigir la evolución tecnológica del sector hacia prácticas más eficientes. Incluso, gracias a la señal de precios involucrada, puede fomentarse la migración hacia fuentes renovables de energía como el biogás o la biomasa, lo que incrementaría el potencial de abatimiento de emisiones de GEI del sector.

7. PORTAFOLIO DE PROYECTOS IDENTIFICADOS

Adicional a la determinación del potencial teórico de abatimiento en México descrito en el capítulo 5, se realizó un levantamiento para formar una cartera de proyectos de mitigación al 2020⁹⁰. Los proyectos

identificados en esta cartera capturan 131 MtCO₂e, es decir 50 % del potencial teórico de abatimiento en México de 261 MtCO₂e al 2020 (figura 7.1 y cuadro 7.1).

Figura 7.1 Potencial de abatimiento de emisiones, MtCO₂e por año.



90 INE (2010a).

Cuadro 7.1 Portafolio de proyectos de mitigación.

Grupo	Proyecto	Potencial = 131 MtCO ₂ e
Programas sociales	Sustitución de fogones abiertos por estufas ecológicas	4.21
	Sustitución de refrigeradores, equipos de AC y focos incandescentes (apoyo grupo marginados)	2.68
Estándares de eficiencia energética	Norma para reducir el consumo de energía en el transporte privado	11.60
	Norma para reducir el consumo de energía en iluminación	11.73
	Programa de hipotecas verdes	2.63
Cogeneración	Cogeneración en empresas de alto consumo energético	7.94
	Cogeneración en Pemex	12.08
Inversiones en eficiencias energéticas en Pemex y CFE	Acciones para incrementar el aprovechamiento de gas natural al 99.4%	2.80
	Cambio de combustóleo por gas natural	3.01
	Eficiencia energética en el Sistema Nacional de Refinación	7.48
	Inyección de gas amargo en Cantarell.	-
	Otros proyectos de eficiencia energética y operativa en PEMEX	3.40
	Reducción de emisiones fugitivas en PEMEX	2.30
Programas forestales	8 Pilotos REDD	10.10
	Incorporación de ecosistemas forestales a Áreas Naturales Protegidas	1.12
	Manejo sustentable en zonas que integran el Corredor Biológico Mesoamericano	0.11
	Proárbol	22.01
Renovables	Generación de electricidad con centrales geotérmicas de la CFE	0.24
	Generación de electricidad con centrales mini-hidráulicas	0.29
	Generación de energía eólica	6.04
	Producción de vapor con energía solar en la central termoeléctrica Agua Prieta II de CFE	0.10
Desechos	Aprovechamiento del metano de 29 rellenos sanitarios	4.39
	Manejo de residuos del sector ganadero	3.50
	Uso de biogás para la generación de energía eléctrica (Atotonilco, Hidalgo)	0.50
	Uso de biogás para la generación de energía eléctrica (El Ahogado y Agua Prieta)	0.52
Transporte	Chatarrización de vehículos del autotransporte federal	1.10
	Construcción de 38 nuevos tramos carreteros nuevos	1.20
	Incremento de la participación del ferrocarril en el transporte federal terrestre de carga	1.60
	Programa Transporte Limpio	0.90
	Sistemas de transporte de autobuses rápidos y carriles confinados	2.00
Otros	Construcción de la central hidroeléctrica La Yesca	0.81
	Cosechar en verde la superficie industrializable de caña de azúcar	0.14
	Pastoreo planificado de hectáreas de agostadero	0.84
	Prácticas de labranza de conservación de suelos	0.19
	Proyectos de generación distribuida en la Zona Metropolitana del Valle de México en Luz y Fuerza del Centro	0.07
	Proyectos ecológicos sobre predios registrados en Procampo	0.02
	Reconversión de zonas de maíz de autoconsumo a producción forestal	0.11
	Reconvertir tierras degradadas y con bajo potencial productivo	0.26
	Retiro de embarcaciones camaroneras del inventario pesquero	0.22
	Siembra de tierras de pastoreo	0.07
Sustitución de motores de embarcaciones pesqueras	0.05	

Fuente: INE (2010a).

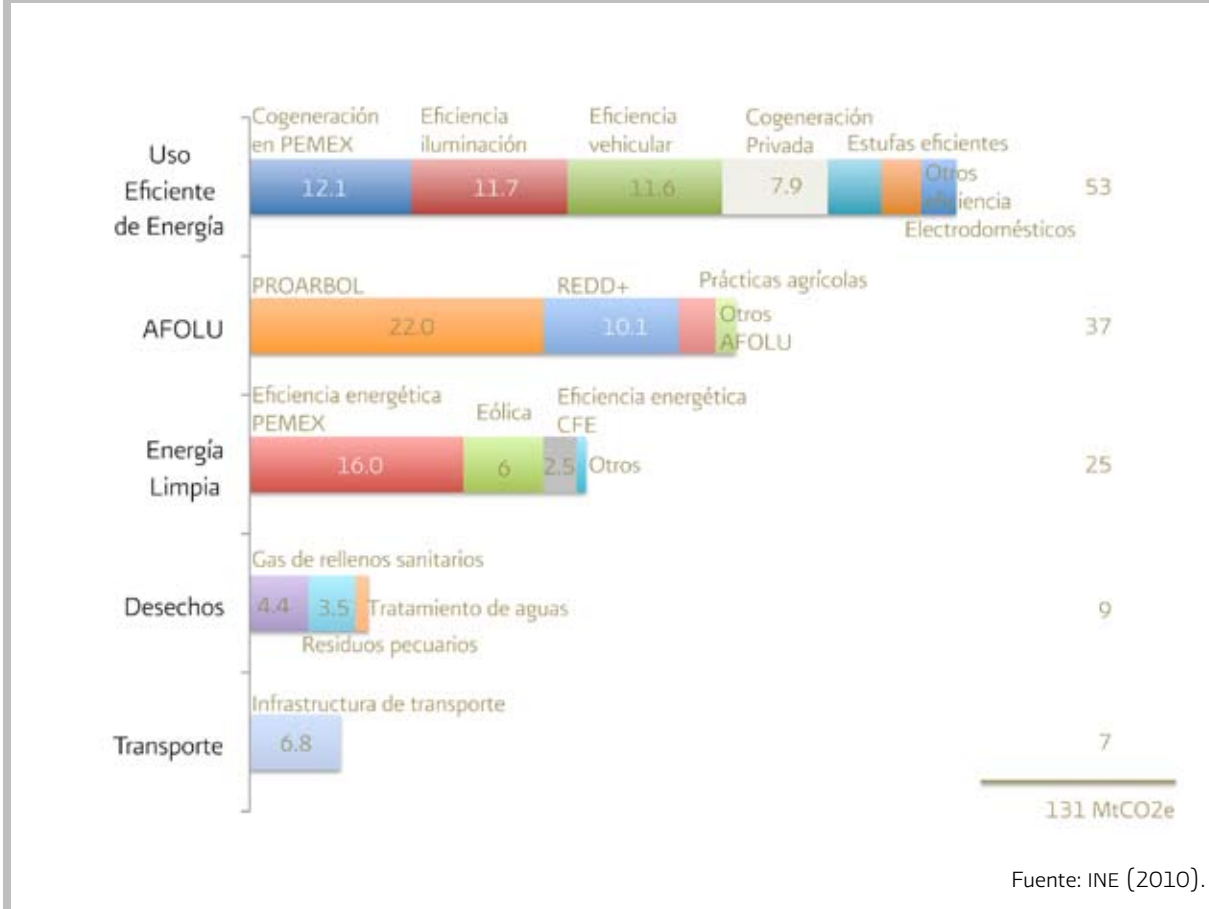
Esta cartera comprende iniciativas de diferentes tipos: normativos y regulatorios, de desarrollo y sustitución tecnológica, programas sociales, mejores prácticas, desarrollo de capacidades, etcétera. Reúne proyectos que se encuentran en etapas de diseño o de ejecución, tal como se describe en el cuadro 7.2.

Los proyectos comprendidos abarcan todos los sectores productivos (figura 7.2). Setenta por ciento del potencial identificado (92 MtCO₂e) se concentra en los sectores forestal y agrícola, petróleo y gas, y eficiencia energética.

Cuadro 7.2 Portafolio de proyectos según su etapa de diseño.



Figura 7.2 Potencial de abatimiento del portafolio de proyectos de mitigación por sector, MtCO₂e por año al 2020.



Fuente: INE (2010).

8. ANÁLISIS FINANCIERO

8.1 Requerimientos de inversión para financiar las acciones de mitigación

El capital total requerido para implementar las acciones consideradas en la curva de costos presentada en este documento y capturar el potencial de abatimiento de 261 MtCO₂e al 2020 (figura 8.1), se estima en aproximadamente 138 mil millones de dólares. Al 2030, para capturar oportunidades de abatimiento de 523 MtCO₂e, se calcula que la inversión requerida ascenderá a 348 mil millones de dólares.

En conjunto, los proyectos de mitigación generan beneficios netos estimados en 34 mil millones de dólares al 2020 (equivalente a 25 % de la inversión incremental requerida) y 107 mil millones de dólares al 2030 (equivalente a 30 % de la inversión incremental requerida).

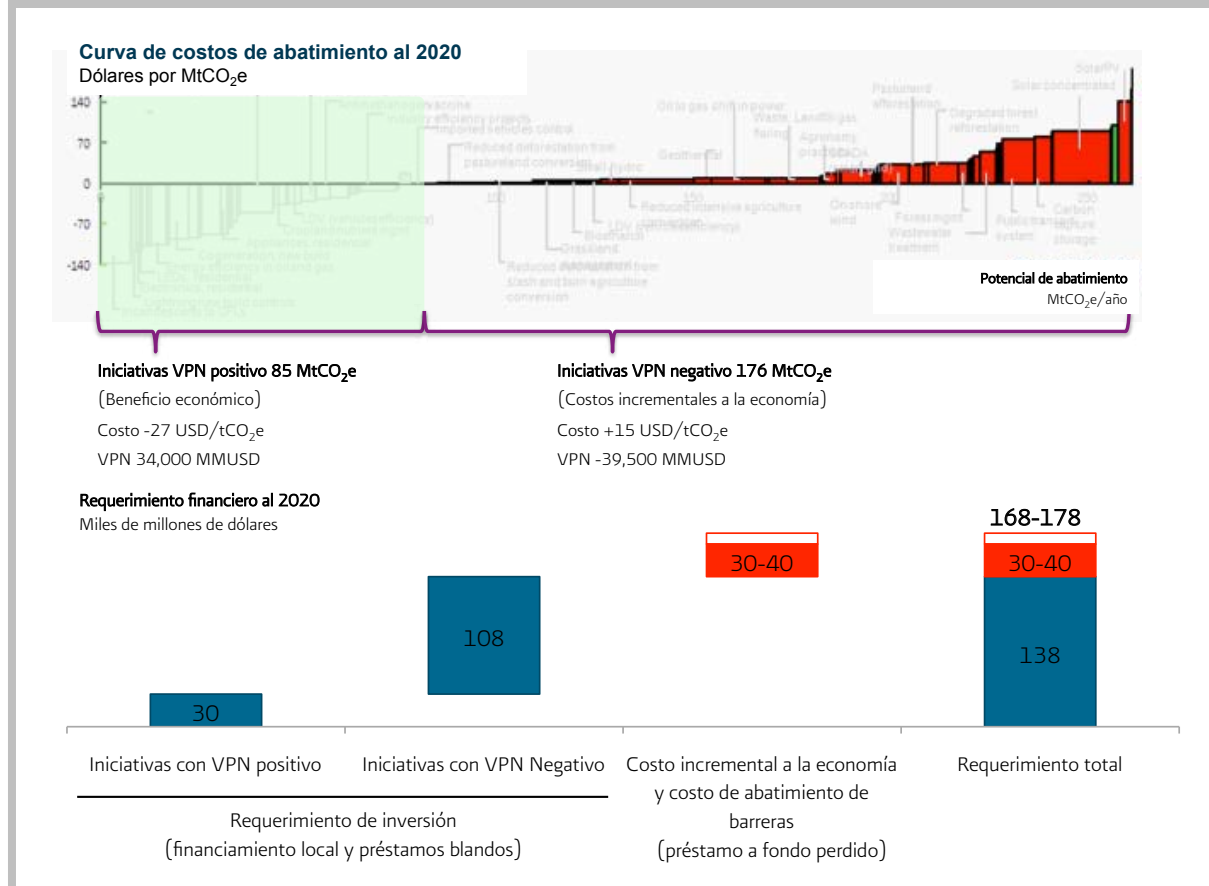
Se estima que la implementación de las acciones de mitigación representa un costo incremental a la economía de entre 30 mil a 40 mil millones de dólares. Esta cantidad incluye el costo de eliminar barreras políticas, técnicas y regulatorias que obstaculizan la implementación de dichas acciones. Para poder sufragar este costo incremental, se prevé que México requerirá apoyos económicos, incluso en la forma de préstamos a fondo perdido.

El diferencial entre los beneficios y costos incrementales de las acciones de abatimiento se calcula en aproximadamente 6 mil millones de dólares. Esta cantidad es un agregado nacional, y representa las ganancias y costos asumidos por una multitud de actores, por lo que no es transferible. El ejercicio de valuación no considera los dividendos económicos derivados de los cobeneficios de las acciones de mitigación.

Las acciones de mitigación que componen la curva de costos han sido clasificadas en tres grupos utilizando como criterios: el costo marginal de abatimiento, la existencia de cobeneficios y las potenciales barreras a la implementación (cuadro 8.1).

- **Iniciativas rentables o con cobeneficios que no presentan barreras** – Generan valor económico o su implementación conlleva cobeneficios que las hacen social, ambiental y económicamente atractivas. Muchas de estas iniciativas promueven la eficiencia energética y el uso eficiente y racional de recursos naturales. La optimización en el uso de los recursos genera ahorros directos. No existen barreras técnicas, económicas ni políticas para la puesta en marcha de este grupo de iniciativas.
- **Iniciativas rentables o con cobeneficios que aún presentan barreras** – Generan valor económico o su implementación conlleva cobeneficios que permiten compensar los costos incrementales de su puesta en marcha. Sin embargo, existen barreras, de diversa índole, que impiden llevarlas a cabo.
- **Iniciativas no rentables que representan un gasto a la economía** – No generan valor económico y los cobeneficios no son suficientes para compensar los costos incrementales de implementación. Estos proyectos son intensivos en capital, su rentabilidad económica es sensible a la tasa de interés del mercado y la vida útil de la infraestructura. Para implementar este paquete, México requiere acceso a financiamiento a fondo perdido que permita compensar los costos incrementales.

Figura 8.1 Requerimientos financieros para la implementación de las acciones de mitigación identificadas en la curva de costos.



Cuadro 8.1 Proyectos de mitigación al 2020 según su clasificación financiera.

Tipo de proyecto	Número de iniciativas	Potencial de abatimiento al 2020 (MtCO ₂ e)	Capital incremental al 2020 (miles de millones de USD)	Valor Presente Neto (miles de millones de USD)	Costo marginal de abatimiento (promedio ponderado; USD/tCO ₂ e)
Iniciativas rentables o con cobeneficios que no presentan barreras	54	90 (35%)	-34	+16	-12
Iniciativas rentables o con cobeneficios que aún presentan barreras	51	136 (52%)	-53	-4	2
Iniciativas no rentables que presentan un impacto a la economía	27	34 (13%)	-51	-17	33
Total	132	260	-138	-5	1.35

Las iniciativas que no crean valor económico son intensivas en capital (con inversiones en capital por tonelada de emisiones abatida mayores a 45 USD/tCO₂e.); la rentabilidad de estos proyectos debe mejorar hacia el mediano y largo plazo, merced a dos factores:

- Disposiciones regulatorias que permitan internalizar el costo de los daños ambientales en el precio de las alternativas de referencia. El cambio en los precios relativos incentiva el proceso de sustitución hacia alternativas bajas en carbono.
- Avances científicos que mejoren la relación costo-beneficio de las tecnologías bajas en carbono. Por ejemplo, incrementos en la eficiencia de generación eléctrica de paneles solares o en tecnologías de almacenamiento de energía que permitan mejorar el factor de carga de las fuentes eólicas. Se pueden realizar dos líneas de acción que impulsan la investigación, desarrollo e innovación tecnológica:
 - Identificar las mejores prácticas y tecnologías a nivel mundial y adaptarlas al contexto mexicano. El proceso de transferencia tecnológica se apoyaría especial-

mente en recursos técnicos y económicos aportados por las fuentes de cooperación internacional.

- Priorizar el desarrollo de tecnologías con valor estratégico para México. Esta línea de acción tiene el potencial de consolidar a México como un líder tecnológico regional; por ejemplo, en la generación de energía geotérmica, o en el diseño, construcción y operación de parques eólicos.

Con sus propios recursos, México podría cubrir su compromiso de mitigación parcialmente como se describe en el cuadro 8.2.

El análisis financiero está basado en los siguientes supuestos:

- **Precio del crudo:** el análisis costo-eficiencia de la curva de costos supone el precio del barril de crudo en 60 dólares en 2030⁹¹. La evolución del precio del petróleo a largo plazo es sumamente volátil, el encarecimiento del barril de petróleo incrementa la rentabilidad económica de todas aquellas iniciativas que permitan reducir el consumo energético o que utilicen combustibles no fósiles.

Cuadro 8.2 Financiamiento requerido para cubrir el potencial teórico de mitigación en México.

Potencial teórico de mitigación	Tipo de financiamiento	Tipo de iniciativa
35 %	Recursos propios	Iniciativas que generan valor económico o cobeneficios. No presentan barreras a la implementación.
52 %	Recursos propios para las iniciativas y préstamos blandos para el abatimiento de barreras	Iniciativas que generan valor económico o cobeneficios. Presentan barreras a la implementación, cuya eliminación puede ser financiada con préstamos blandos.
13 %	Préstamos blandos y a fondo perdido	Iniciativas que actualmente no generan valor económico, de alta intensidad de capital y complejidad tecnológica. Requieren adicionalmente apoyo tecnológico.
100 %		

91 IEA (2007).

- **Costo de capital:** Para la elaboración de la curva de costos se supone la tasa de descuento en 4 %. Ésta se considera la tasa libre de riesgo del mercado y la más apropiada para calcular el costo de oportunidad de la inversión pública a largo plazo. Los costos marginales de abatimiento de los proyectos intensivos en capital son particularmente sensibles a la tasa de descuento utilizada.

8.2 Origen del financiamiento

La inversión requerida puede provenir de tres fuentes principales:

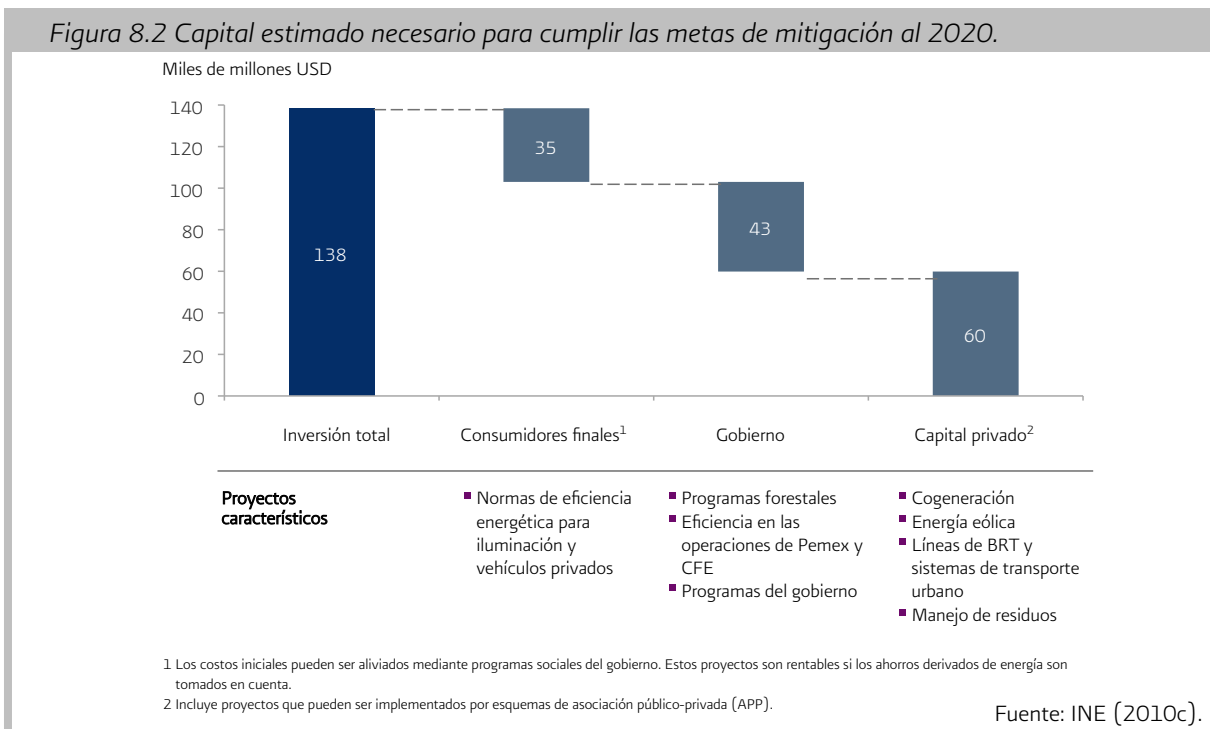
- **Consumidores finales.** Aplica para aquellas acciones que requieren inversiones que el consumidor final realizará, o bien implican un cambio en precios de mercado. Típicamente, son motivadas por cambios regulatorios que dictan un cambio de tecnología (por ejemplo, normas de eficiencia energética en iluminación, maquinaria o vehículos). Casi todas estas inversiones se recuperan

con los ahorros energéticos asociados y pueden impulsarse mediante programas sociales.

- **Gobierno.** Se trata de acciones que son realizadas por el gobierno. Incluyen todos los proyectos de PEMEX y CFE, así como programas forestales y agropecuarios.
- **Capital privado.** Acciones que el sector privado desarrollará, independientemente o mediante esquemas de asociación público-privada (APP). Pueden ser: inversiones en infraestructura de transporte público, cogeneración, producción independiente de energía y manejo de residuos. Debido a que las inversiones privadas tienen un mayor costo de capital, se requieren políticas y esquemas que incentiven e impulsen estas iniciativas.

En la figura 8.2, se divide la inversión total según el origen del capital. La aportación principal viene de capital privado, que representa 43 % de la inversión requerida, seguido del sector público, que aporta 31 %, y de los consumidores finales, que absorben 25 % del gasto.

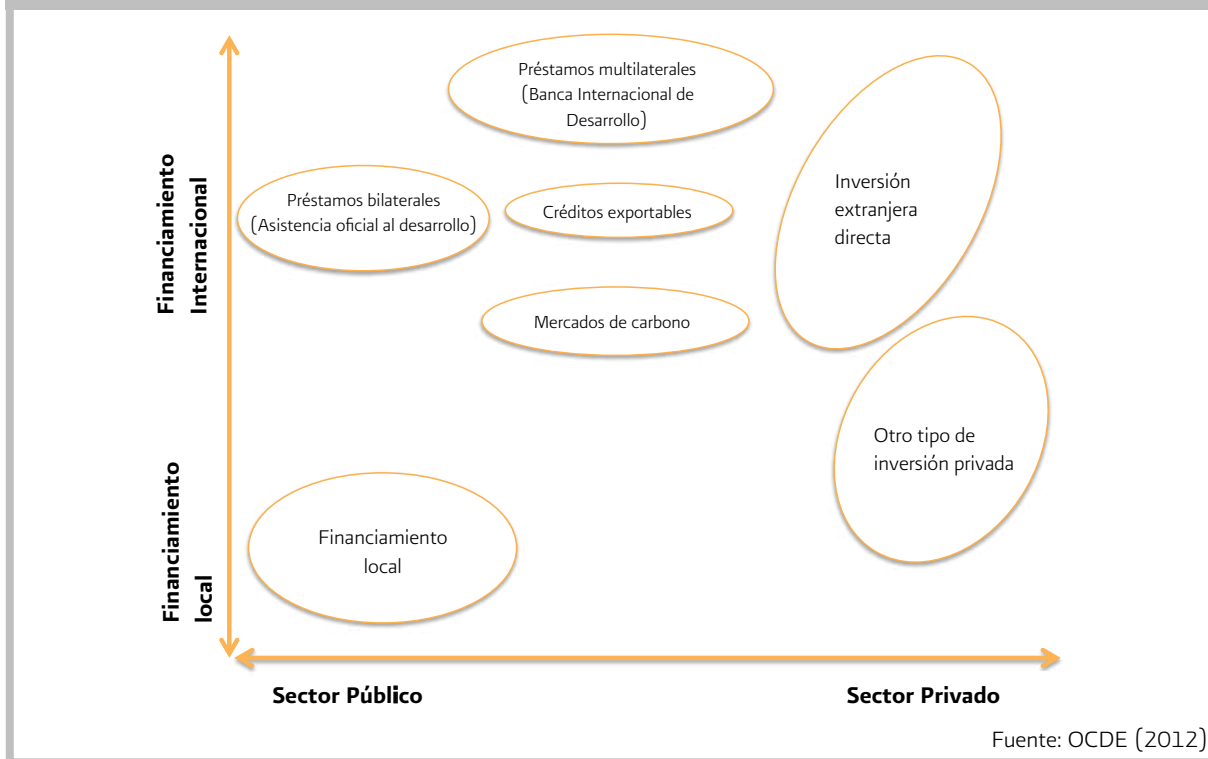
Figura 8.2 Capital estimado necesario para cumplir las metas de mitigación al 2020.



El financiamiento está condicionado en gran medida a la viabilidad económica, política y técnica de los proyectos. El capital público y privado participa activamente en el financiamiento de iniciativas que han demostrado viabilidad financiera, técnica y legal (figura 8.3). Por ejemplo, la inversión extranjera directa ha financiado la construc-

ción de parques eólicos y plantas de ciclo combinado; el capital privado mexicano ha participado en la construcción de plantas de cogeneración en la industria, y la implementación de medidas de eficiencia energética en PEMEX y CFE ha sido financiada con recursos gestionados por la banca de desarrollo nacional.

Figura 8.3 Mapa conceptual de fuentes de financiamiento públicas y privadas.



Es necesario el acceso a mercados de carbono o a préstamos multilaterales o bilaterales (usualmente créditos con tasa de interés inferior a la del mercado) para implementar proyectos que, aunque no enfrentan barreras técnicas ni legales, no podrían ser viables comercialmente de otra forma. Iniciativas como la captura y almacenamiento de carbono o la generación de electricidad a partir de energía solar térmica no son comercialmente viables en el presente. Su implementación requiere, al menos para cubrir los costos incrementales, la participación de fondos procedentes de la cooperación internacional, sea la asistencia oficial al desarrollo o fondos climáticos especializados.

8.3 Esquemas de asociación público-privada

Las asociaciones público privadas (APP) pueden tener un rol fundamental en el desarrollo de mercados verdes, pues permiten que los actores involucrados, sean gobiernos, empresas privadas u organizaciones sociales, puedan trabajar en conjunto para eliminar barreras que no podrían superar en forma individual.

En México, la Ley de Asociaciones Público Privadas, promulgada en 2012, define estos esquemas como: "relación contractual de largo plazo entre

instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público o al usuario final y en los que se utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumenten el bienestar social y los niveles de inversión en el País.⁹²

Las APP son importantes para lograr un crecimiento verde por varias razones, entre las que destacan:

- Eliminan barreras que requieren acción conjunta de actores públicos y privados, lo cual acelera la transición hacia sistemas de producción y consumo más eficientes.
- Ayudan a remover distorsiones de mercado que desalientan la participación de competidores e inversionistas. Pueden catalizar la expansión de aquellos mercados que ofrecen beneficios económicos, ambientales y sociales al definir condiciones y proveer insumos iniciales de infraestructura.

La sinergia que se puede generar con la colaboración entre gobiernos y sector privado es muy atractiva. Para México es relevante coordinar los esfuerzos de corto plazo que detonen el crecimiento de mercados de bajo carbono.

Los esquemas de APP pueden generar efectos transformativos mediante intervenciones específicas, como:

- Compensar imperfecciones en los mercados y proveer bienes sociales.
- Atraer a más inversionistas en los mercados verdes por la reducción de asimetrías de información.

- Reducir los riesgos de inversión, al crear un marco regulatorio claro.
- Disminuir barreras, como: los altos costos iniciales, la poca experiencia o la falta de información.
- Disminuir las barreras a las economías de escala reduciendo la atomización de los socios potenciales, por ejemplo.

Fomentar panoramas de tipo político, económico y regulatorio que favorezcan el establecimiento de esquemas APP permitirá construir una arquitectura económica orientada a resultados desde la base, con beneficios adicionales, que pueden incluir los siguientes efectos⁹³.

- Efecto multiplicativo. Involucrar a una base más amplia de la sociedad en la identificación de acciones de mitigación, tomando ventaja del conocimiento y las capacidades locales, tiene el potencial de generar una mayor masa crítica para la formulación de planes de acción climática coherentes.
- Efecto distributivo. La implementación de esquemas de APP a nivel local tendrá efectos igualmente locales, como fortalecer capacidades, reducir emisiones de GEI y crear empleos.
- Efecto de contagio. Al generar casos exitosos, la percepción de viabilidad económica de estos mercados puede verse favorecida, lo que atraerá la inversión y aceleraría aún más la transición a una ruta de crecimiento verde.

92 Ley de Asociaciones Público Privadas (16 de enero de 2012).

93 3GF (2011).

9. EFECTO MACROECONÓMICO

¿Es rentable para México combatir el cambio climático? En 2009, el gobierno federal publicó el estudio *La economía del Cambio Climático en México*⁹⁴ como una primera aproximación a la cuantificación del costo del cambio climático y los beneficios derivados de las acciones de adaptación y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El estudio concluye que los beneficios de actuar ahora, en conjunto con el resto del mundo, y reducir 50 % de nuestras emisiones para el año 2050, superan el costo de las medidas de abatimiento.

El siguiente cuadro muestra cálculos para los años 2050 y 2100 del costo de los impactos del cambio climático sobre la economía (como porcentaje del PIB), junto con cálculos del costo de implementar medidas de abatimiento de emisiones de GEI. Se observa un beneficio neto en ambos años, suponiendo para estas estimaciones una tasa de descuento de 4 % (cuadro 9.1).

Cuadro 9.1 Impacto del cambio climático y costo de medidas de mitigación como % del PIB

Año	Impacto del cambio climático, % PIB	Costo de medidas de mitigación, % PIB
2050	3.9 %	1.1 % a 3.5 %
2100	7.7 %	0.7 % a 2.2 %

Fuente: SHCP, SEMARNAT(2009).

Si para el análisis se utiliza un modelo computable de equilibrio general, es posible inferir las interacciones entre diferentes sectores de la economía. Ibararán y Boyd (2011) utilizaron esta metodología para hacer un análisis macroeconómico de los impactos derivados de implementar la cartera de proyectos de abatimiento de emisiones. Para este estudio, las acciones de mitigación fueron clasificadas en tres grupos, usando como criterios la intensidad de capital y el costo marginal de abatimiento de cada iniciativa. A partir de estos grupos se gene-



94 SHCP, SEMARNAT(2009).

raron cuatro escenarios, que se compararon con un escenario base:

- El escenario base es tendencial, en él no se considera la implementación de acciones de mitigación y la economía mantiene su dependencia de los combustibles fósiles. Da por hecho el agotamiento del petróleo y sueldos rígidos para modelar la evolución del desempleo. A fin de modelar el comportamiento de la economía mexicana se supone lo siguiente: la producción de petróleo inicia en 2.6 mbd y con el tiempo se estabiliza en 3.3 mbd, la tasa de desempleo inicia en 2.4 % y se considera que la estructura monopólica de los mercados energéticos en el país permanece sin cambio.
- El primer escenario considera la implementación de proyectos con costo marginal de abatimiento negativo únicamente, utilizando políticas públicas que combinan impuestos y subsidios.
- El segundo escenario modela la implementación de iniciativas con baja intensidad de capital y

costos marginales de abatimiento, negativos y moderados.

- El tercer escenario considera la implementación de la cartera completa de acciones de mitigación utilizando solo financiamiento nacional.
- El cuarto escenario es idéntico al tercero, pero supone que un porcentaje del financiamiento proviene de préstamos a fondo perdido, otorgados por fuentes extranjeras.

Suponiendo la implementación de la cartera completa, con acceso a fondos de impulso al desarrollo de la cooperación internacional, el PIB es 5.31 % mayor con respecto al escenario base; el nivel de inversión es 23.69 % mayor y el acervo de capital es 7.56 % superior (figura 9.1). La inversión incremental requerida para implementar la estrategia de bajo carbono tiene como resultado la generación de entre 300 mil y 550 mil empleos. La tasa de desempleo en el escenario tendencial se estima en 12 %, mientras que en el escenario de bajo carbono sería de 6.7 por ciento.

Figura 9.1 Efecto incremental de la estrategia de bajas emisiones contra el escenario tendencial.

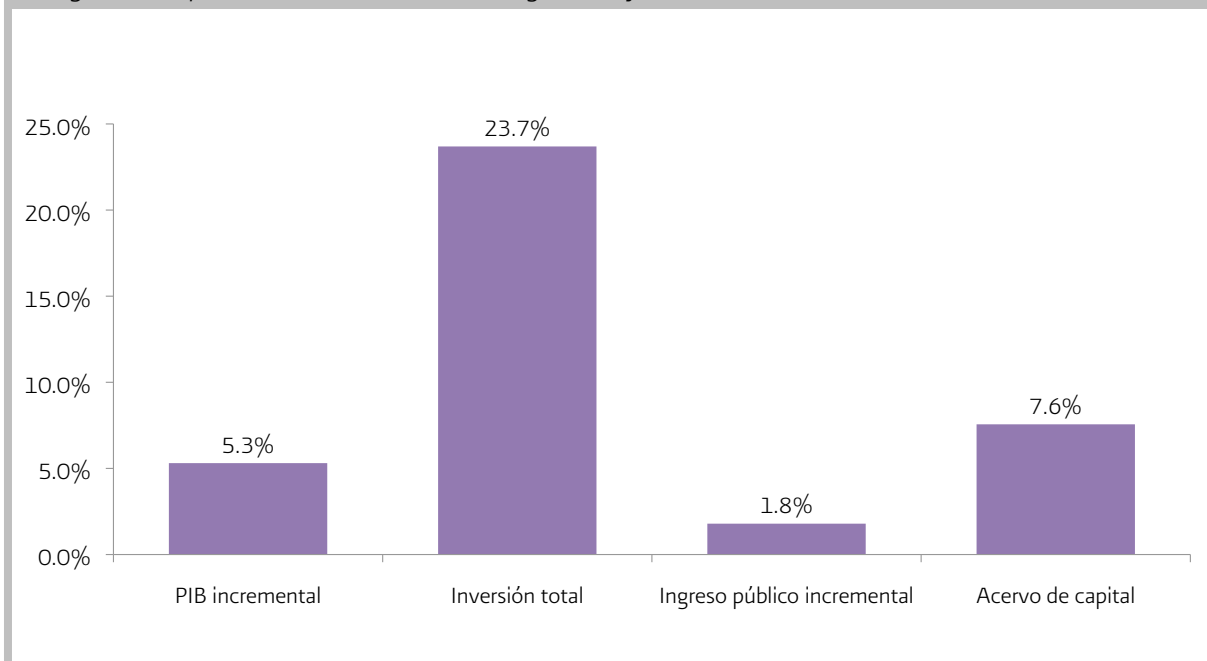
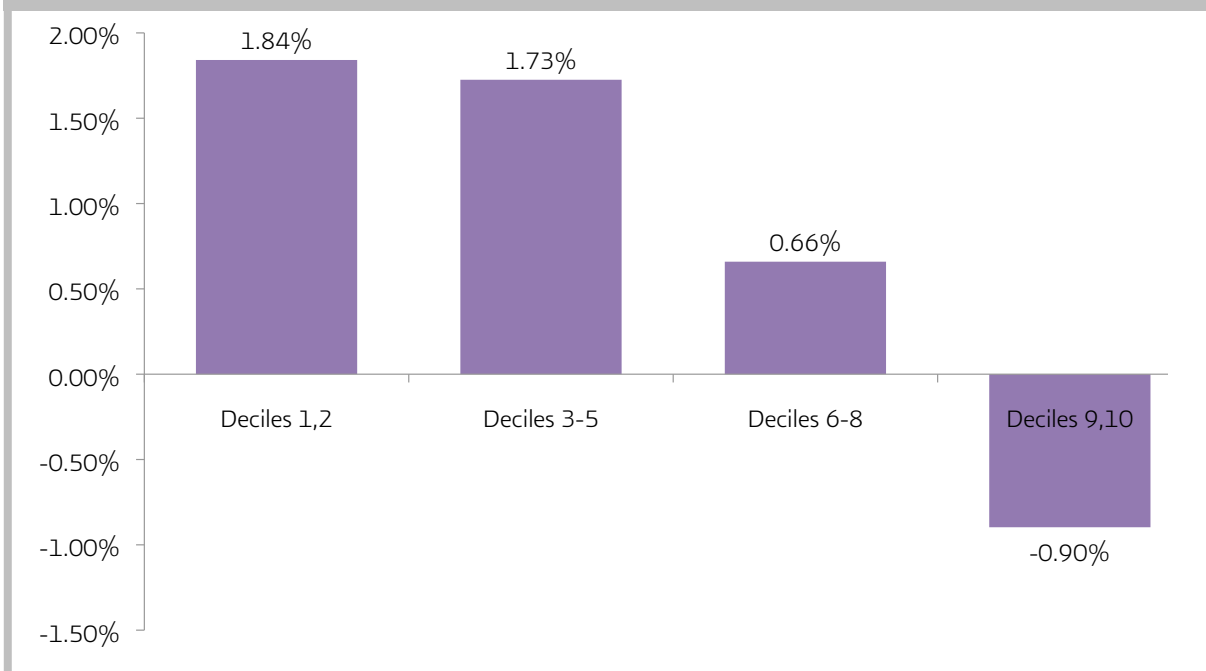


Figura 9.2 Cambios en la distribución del ingreso por la implementación de la estrategia de bajas emisiones contra el escenario tendencial.



Respecto a la distribución del ingreso, los efectos son marcadamente progresivos, beneficiando principalmente a los grupos sociales de menor ingreso (figura 9.2).

El estudio concluye que no existe destrucción de valor económico con la implementación de las medidas de mitigación analizadas, dado que los costos incrementales de implementación son compensados por ganancias en productividad, seguridad energética, calidad ambiental, mayor entrada de divisas derivadas de mayor volumen de crudo disponible para exportación e impactos positivos sobre salud e inclusión social.

El Centro Mario Molina, junto con la Universidad de Cambridge, realizó un análisis macroeconómico de la implementación de un escenario bajo en carbono compuesto por 144 iniciativas de abatimiento (similar en características al em-

pleado por Boyd e Ibararán). El estudio compara el escenario bajo en carbono contra un escenario base utilizando un Modelo Integrado de Evaluación (IAM).

El modelo macroeconómico del Centro Mario Molina predice que hacia 2030 las iniciativas de mitigación permitirán reducir 45 % de las emisiones de carbono, respecto al escenario base. El nivel de inversión es superior en el escenario bajo en carbono, con una diferencia estimada de 23 mil millones de dólares anuales hacia el 2030. Respecto al escenario base, el PIB de la economía baja en carbono puede crecer entre 0 y 1 % adicional entre 2010 y 2030. Se calcula la creación de 500,000 nuevos empleos hacia el 2030⁹⁵.

Finalmente, es importante señalar que los estudios de Galindo, el Centro Mario Molina e Ibararán y Boyd forman parte de un esfuerzo constante y

95 Centro Mario Molina (2008).

en evolución por cuantificar los impactos del cambio climático sobre la economía y por modelar los beneficios económicos derivados de la transición hacia un desarrollo bajo en emisiones. Los resultados preliminares indican que, en términos gene-

rales, la implementación de acciones de mitigación es económicamente eficiente, ya que contribuye a evitar o contrarrestar los costos del cambio climático y apalanca, además, los procesos de desarrollo económico y de creación de empleos.

10. ARREGLOS INSTITUCIONALES

La implementación de una Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones es un proyecto nacional que requiere el trabajo conjunto de actores políticos, instituciones y agentes de la sociedad en general, bajo un plan de acción común con objetivos claros, específicos y perfectamente alineados (figura 10.1). La falta de armonización entre todos los elementos del marco legal y regulatorio puede provocar que el esfuerzo de los tres niveles de gobierno y de las instituciones involucradas se vea diluido, con el consecuente gasto sub-óptimo de recursos y, en algunos casos, hasta generando incentivos opuestos a los deseados.

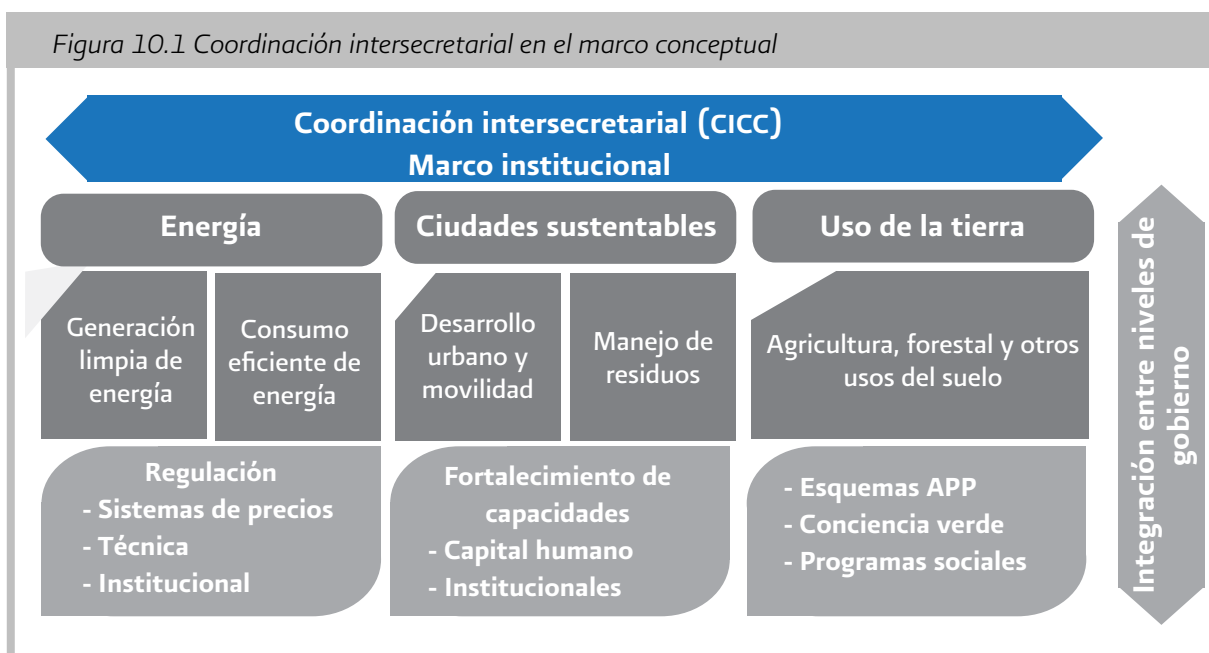
La Ley General de Cambio Climático (LGCC), promulgada en 2012, establece la arquitectura institucional que permitirá promover el desarrollo bajo en carbono en México y los elementos de sincronía entre las diferentes instancias de gobierno, la academia, la sociedad civil organizada y el sector privado. Incluye:

- Plataformas transversales de coordinación entre los sectores del gobierno federal (Secretarías de Estado).
- Mecanismos de coordinación entre los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal).
- Estrategias de vinculación y comunicación con el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil.

10.1 Coordinación intersecretarial

10.1.1 Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)

La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), presidida por el Presidente de la República a partir de la entrada en vigor de la LGCC, será el órgano federal responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales de mitigación



y adaptación. La Comisión tendrá carácter permanente y estará integrada por los titulares de las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; de Salud; de Comunicaciones y Transportes; de Economía; de Turismo; de Desarrollo Social; de Gobernación; de Marina; de Energía; de Educación Pública; de Hacienda y Crédito Público, y de Relaciones Exteriores. Además, la Comisión será apoyada por, al menos, seis grupos técnicos de trabajo: grupo de trabajo para el Programa Especial de Cambio Climático, grupo de trabajo de políticas de adaptación, grupo de trabajo sobre reducción de emisiones por deforestación y degradación, grupo de trabajo de mitigación, grupo de trabajo de negociaciones internacionales en materia de cambio climático y el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero.

Además de formular e instrumentar políticas nacionales para la mitigación y adaptación al cambio climático, la CICC promoverá la coordinación entre las dependencias y las entidades de la Ad-

ministración Pública Federal (APF) y desarrollará los criterios de transversalidad e integralidad de las políticas públicas requeridas en materia de cambio climático.

La Comisión Intersecretarial de Desarrollo Rural Sustentable (CIDRS) opera en forma paralela a la CICC, y la resonancia entre los objetivos de ambas plataformas debe establecerse en los Planes Nacionales de Desarrollo de cada administración. La coordinación y la cooperación entre estas dos plataformas intersecretariales son cruciales en el tránsito del país hacia un crecimiento verde incluyente.

10.1.2 Consejo de Cambio Climático

El Consejo será el órgano permanente de consulta de la CICC. Integrado por miembros provenientes de los sectores social, privado y académico, con reconocidos méritos y experiencia en cambio climático, el Consejo estará a cargo de:

- Asesorar y formular propuestas a la CICC, a la Coordinación de Evaluación del Instituto Nacio-



nal de Ecología y Cambio Climático (INECC) y a los miembros del Sistema Nacional de Cambio Climático.

- Promover la participación social, informada y responsable.
- Dar seguimiento a las políticas, acciones y metas previstas en la LGCC, evaluaciones de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el nuevo Programa Especial de Cambio Climático (PECC) y los programas estatales.

10.1.3 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

El actual INE se reconstituye en el INECC, que contribuirá a la formulación, conducción y evaluación de la política nacional en materia de cambio climático, medio ambiente y sustentabilidad, a través de la coordinación, elaboración y difusión de estudios e investigaciones científicas o tecnológicas. Además, el INECC será responsable de:

- Realizar análisis de prospectiva sectorial y colaborar en la elaboración de estrategias, planes, programas, instrumentos y acciones dirigidas al desarrollo sustentable, el medio ambiente y el cambio climático.
- Evaluar el cumplimiento de los objetivos previstos en la LGCC.

10.1.4 Coordinación de Evaluación

La Coordinación de Evaluación se integra por el titular del INECC y seis consejeros sociales, representantes de las comunidades científica, académica, técnica e industrial con el objeto de evaluar periódica y sistemáticamente la política nacional en la materia, incluyendo el cumplimiento de los objetivos, metas y acciones del PECC, así como la trayectoria de las emisiones de GEI.

10.1.5 Sistema de Información sobre el Cambio Climático

Para fomentar la transparencia y el acceso a la información, se integrará un Sistema de Información sobre el Cambio Climático (SICC) a cargo del INEGI. Entre otras tareas, el SICC deberá generar, con el apoyo de las dependencias gubernamentales, un conjunto de indicadores sobre:

- Emisiones de GEI del inventario nacional, de los inventarios estatales y del registro.
- Proyectos de mitigación registrados.
- Condiciones atmosféricas del territorio nacional, proyecciones del clima y caracterización de la variabilidad climática.
- Vulnerabilidad de asentamientos humanos, infraestructura, islas, zonas costeras y deltas de ríos, actividades económicas y afectaciones al medio ambiente, atribuibles al cambio climático.
- Elevación media del mar.
- Estimación de los costos atribuibles al cambio climático en un año determinado, que se incluirá en el cálculo del Producto Interno Neto Ecológico.
- Calidad de los suelos, incluyendo su contenido de carbono.
- Protección, adaptación y manejo de la biodiversidad.

10.1.6 Registro Nacional de Emisiones de GEI

Para recabar información fidedigna necesaria en el diseño de políticas públicas, la SEMARNAT integrará el Registro Nacional de Emisiones. Este registro

contendrá la información sobre las personas físicas y morales cuya actividad genera suficientes emisiones de GEI como para ser reportadas, así como sobre aquellas personas que lleven a cabo proyectos o actividades que contribuyan a mitigar o reducir emisiones.

10.2 Integración entre los niveles de gobierno

Si bien en los últimos años se ha avanzado considerablemente en la alineación de objetivos de acción climática entre los diferentes sectores de la APF, aún existen brechas importantes que deben ser cerradas en torno a la coordinación entre los tres órdenes de gobierno: federal, estatal y municipal (figura 10.2).

El **nuevo marco institucional** definido en la LGCC dictamina la concurrencia de estas tres instancias a través del Sistema Nacional de Cambio Climático (SNCC).

10.2.1 Sistema Nacional de Cambio Climático

El SNCC —integrado por la CICC, el Consejo de Cambio Climático, el INECC, los gobiernos de las

entidades federativas, y representantes de las asociaciones nacionales, de autoridades municipales y del Congreso de la Unión— tiene por objeto fungir como un mecanismo permanente de comunicación y coordinación entre la federación, los estados y los municipios, así como de promoción para aplicar la política nacional de cambio climático en el corto, mediano y largo plazos.

De especial relevancia para el SNCC son los elementos comunes que pueden servir de vínculo entre los niveles de gobierno, incluyendo los siguientes:

- Planes concurrentes, nacionales y subnacionales, de acción climática.
- Preservación, restauración, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, los ecosistemas terrestres y acuáticos, y los recursos hídricos.

Asimismo, son importantes las áreas en las que son confusas las atribuciones de las diferentes instancias, por ejemplo, las siguientes:

- Ordenamiento territorial y desarrollo urbano de los asentamientos humanos.



- Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y acuicultura.
- Transporte público eficiente y sustentable.
- Manejo de residuos.

El éxito que el SNCC tenga en la articulación de la política nacional en materia de cambio climático dependerá en gran medida de que logre:

- el fortalecimiento institucional para alinear, aplicar, evaluar y mejorar las políticas ambientales locales y regionales, maximizando la captura de beneficios ambientales, sociales y económicos;
- la flexibilidad estructural para generar los espacios necesarios para la toma de decisiones en los diferentes niveles y, en especial, los subnacionales;
- la transparencia y eficacia para transmitir la información relevante entre los estados, los municipios y la sociedad en general.

Las limitaciones identificadas en las capacidades técnicas de las entidades federativas y municipales pueden ser enfrentadas eficazmente a través del SNCC. Es recomendable fomentar un proceso de descentralización eficiente que promueva el fortalecimiento local de las herramientas, los esquemas y las capacidades, y que puede ser instrumental tanto en el desarrollo regional como para los esfuerzos nacionales de mitigación del cambio climático, ya que es ahí donde las alternativas de bajo carbono deben ser identificadas. La compilación de información sobre mejores prácticas y lecciones aprendidas es crítica para identificar y replicar los casos de éxito dentro del territorio nacional.

10.2.2 Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)

México ha hecho un esfuerzo notable por involucrar en la acción ante el cambio climático a los actores

relevantes de todo el territorio nacional. Para ello, la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC) del INE ha fomentado la formulación de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), con el fin de armonizar los proyectos, acciones y estrategias a nivel estatal con las nacionales.

A fines de 2012, ocho estados de la República han concluido la formulación de dichos planes, y otros 22 estados se encuentran en algún grado de progreso (figura 10.3).

Una parte fundamental de los PEACC es la estimación de emisiones de GEI estatales. Al presente, quince estados de la República han completado sus Inventarios Estatales de Emisiones de GEI, y otros 16 los tienen en desarrollo.

10.2.3 Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN)

Reiterando la importancia de llevar la discusión sobre el cambio climático a todos los niveles de toma de decisiones en México, recientemente se ha comenzado un programa para formular planes de acción climática a nivel municipal (PACMUN), con el apoyo financiero del gobierno del Reino Unido. El programa inició en marzo de 2012, con nueve municipios piloto, y se expandió con la entrada de cincuenta municipios más en junio, y con otros 55 en septiembre del mismo año (figura 10.4).

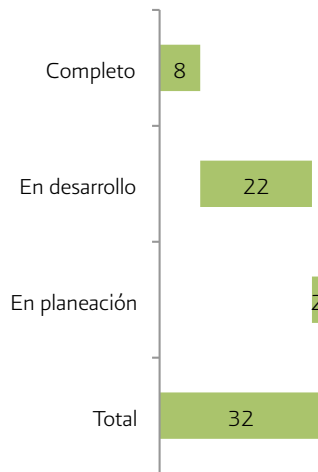
La falta de capacidades institucionales a nivel local y la poca alineación entre los objetivos regionales y los nacionales se han señalado como las barreras más importantes para tener un adecuado engranaje gubernamental.

Para superar estas barreras, es recomendable abordar el fortalecimiento de las capacidades locales de forma integral, tanto con capacitación como con la constante comunicación entre la federación, los

Figura 10.3 Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático.

Progreso de los PEACC

Núm. de entidades federativas



Contenido general de los PEACC

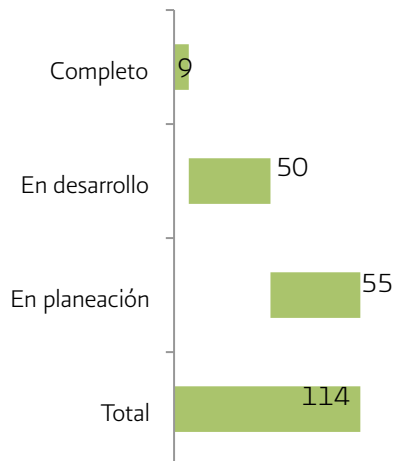
- Inventario de emisiones de GEI
- Línea base de emisiones de GEI
- Escenarios de cambio climático
- Vulnerabilidad de sectores clave
- Plan de mitigación
- Plan de adaptación

Fuente: INE (2012c).

Figura 10.4 Planes de Acción Climática Municipal.

Progreso de los PACMUN (1ra etapa)

Núm. de municipios



Municipios piloto seleccionados para representar diferentes estructuras ambientales y sociales, para maximizar la base del estudio y acelerar la curva de aprendizaje

Fuente: INE, Coordinación del Programa de Cambio Climático.

estados, los municipios y los actores relevantes de otros sectores como la academia, el sector privado y la sociedad civil organizada.

Las grupos y asociaciones de la sociedad civil organizada pueden jugar un papel fundamental para el diseño y el seguimiento de rutas de desarrollo bajo en carbono que sean duraderas, eficaces, transparentes y evolutivas.

La labor de vigilancia y de impulso a propuestas que estas organizaciones ejercen será indispensable para orientar y fortalecer las políticas, esquemas y cadenas productivas verdes que emerjan, así como para la mejora continua de los planes y estrategias que se emprendan. La sociedad en general es un elemento crucial en los esquemas de colaboración que se establezcan entre todos los actores relevantes (con la academia, gobierno y sector privado), y puede detonar una amplia participación en el desarrollo bajo en emisiones.

10.2.4 El sector privado

El sector privado, como motor de la economía mexicana, tiene el potencial de ser una pieza fundamental en la implementación de rutas de desarrollo bajo en emisiones de GEI.

Este sector es bien conocido por su capacidad de innovación, tanto tecnológica como en esquemas de negocios, y ambas dimensiones serán necesarias en la transición hacia una economía competitiva de bajas emisiones. El aumento que se requiere en la productividad nacional estará, en gran parte, en manos de este sector. La implementación de buenas prácticas de producción y de consumo, dirigidas por las empresas de capital privado, puede acelerar los cambios de comportamiento deseables

en toda la sociedad, generando valor económico en el proceso.

Desarrollo Sustentable A.C.

Un actor que tiene el potencial de contribuir sustancialmente a transitar hacia una ruta de desarrollo bajo en emisiones es Desarrollo Sustentable A.C., una organización no gubernamental y sin fines de lucro, que fue fundada como complemento a la arquitectura institucional pública que está en desarrollo. Tiene dos grandes metas:

- Proveer un espacio natural de discusión y diálogo entre el gobierno, el sector privado y la sociedad civil.
- Ser una pieza instrumental de una red de cooperación internacional para la transferencia tecnológica y el financiamiento de proyectos de bajo carbono.

Para lograr estas metas y en apoyo a la toma de decisiones en México, América Latina y el Caribe, genera conocimiento sobre las iniciativas de crecimiento verde a nivel nacional y regional. Sus estudios incluyen estrategias para reducir emisiones de GEI y para la adaptación al cambio climático, así como para innovar y transferir tecnologías verdes, que impulsen la transición hacia el crecimiento verde.

Los objetivos más notables de este centro son:

- Formular recomendaciones de política pública para un crecimiento sustentable.
- Brindar asistencia técnica a México, América Latina y el Caribe, bajo esquemas de cooperación Sur-Sur.
- Fomentar la adopción de tecnologías y alternativas bajas en carbono.

- Facilitar el acceso a mecanismos de financiamiento para invertir en proyectos de bajo carbono.
- Fortalecer los vínculos entre el sector privado, la academia, la sociedad civil organizada y el gobierno.

Con la conformación de plataformas como ésta, México reconoce la responsabilidad que ha adquirido como líder internacional en materia de cambio climático, y busca generar áreas de fortaleza que pueda compartir con otros países en vías de desarrollo para ayudar en el proceso de diseño de sus planes hacia un desarrollo verde e incluyente.

El sector privado está organizado en Cámaras Industriales y posee organismos dedicados a la investigación, que pueden servir como puntos de vinculación y como medios de instrumentalización de los esfuerzos de este sector.

La Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) del Consejo Consultivo Empresarial (CCE), por ejemplo, ha generado estudios importantes sobre el potencial de las energías limpias y fomenta los programas de eficiencia energética y de reporte voluntario de emisiones de GEI de las empresas.

La Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), por su parte, hace esfuerzos importantes para medir las emisiones de GEI específicas de la industria química mexicana.

La recolección de información de primera mano es esencial en los ejercicios de planeación de políticas públicas y privadas.

11. SIGUIENTES PASOS

11.1 Panorama y prioridades

Si México pretende mantener el liderazgo internacional que sus acciones en materia de cambio climático le han otorgado, es imprescindible consolidar la institucionalización de todos los esfuerzos mediante un marco regulatorio coherente. La Ley General de Cambio Climático (LGCC) perfila la arquitectura institucional que será responsable de orquestar la presente estrategia; en este sentido, es importante asegurar que las estructuras que se diseñen operen de forma eficiente mediante un sistema que apoye la planeación y coordinación nacional entre todos los actores relevantes.

La mitigación del cambio climático a gran escala es factible solo si se considera la participación de la sociedad en su conjunto, pues es necesario el involucramiento directo y coordinado de todos: los tres niveles de gobierno, el sector privado, la academia, las organizaciones de la sociedad civil y las instituciones de cooperación internacional.

Para honrar el compromiso de mitigación de México y afianzar los espacios de discusión de todas las partes involucradas en ello, es importante empezar por lograr el consenso respecto a las metodologías y la información que se emplearán para sustentar las decisiones en el tema. Por ejemplo, para estimar la línea base de emisiones de GEI y el potencial de abatimiento, para hacer el análisis económico de las iniciativas y para la modelación de los efectos de la implementación de las acciones de mitigación. La transparencia y capacidad de evolución de estas metodologías será crucial en la reducción de emisiones de GEI a largo plazo.

Simultáneamente, es importante reforzar los convenios de coordinación y planeación gubernamental entre los diferentes sectores y niveles de gobierno, teniendo como eje los principios del desarrollo sustentable. Estos lineamientos deben ser un factor fundamental en la planeación de las políticas nacionales para sectores como el energético, el minero, el industrial y el agropecuario, por dar algunos ejemplos.

De especial valor para fortalecer la labor del gobierno federal serán las plataformas de coordinación entre las Secretarías de Estado, Comisiones Nacionales, empresas paraestatales, etc., creadas con la LGCC. La CICC, en particular, permitirá la alineación de objetivos entre dichas instancias y proveerá un espacio para coordinar las políticas y acciones de la APF. Los grupos de trabajo derivados de esta Comisión serán los responsables de coordinar la instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y del Programa Especial de Cambio Climático, dictados por la Ley.

Lograr la armonización entre los planes de acción climática a nivel municipal, estatal y federal es uno de los objetivos del Sistema Nacional de Cambio Climático. Su primera tarea será homologar los inventarios de emisiones que se elaboran a nivel subnacional. En muchos de los municipios es importante fortalecer la estructura administrativa y fiscal para que puedan hacer frente a las responsabilidades que les corresponden, de acuerdo con la nueva reglamentación, en materia de residuos, gestión de cuencas, bosques, pesca y educación ambiental. También es importante reglamentar las metodologías para el registro y transferencia de emisiones en todo el país.

Para el éxito de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones es importante afianzar las relaciones entre el sector público y el sector privado, para lo cual puede ser útil aprovechar instancias como Desarrollo Sustentable A.C., que es una organización no gubernamental, sin fines de lucro, que impulsa iniciativas de crecimiento verde, incluyendo estrategias para la reducción de emisiones, adaptación al cambio climático, innovación y transferencia de tecnologías. Arreglos como éste permitirán consolidar los esfuerzos para diseñar e implementar la Estrategia Nacional de Cambio Climático, prevista en la LGCC, así como el Programa Especial de Cambio Climático y los programas sectoriales derivados del Plan Nacional de Desarrollo.

En este sentido, es deseable continuar y expandir los programas sociales que tienen un costo relativamente bajo y que generan impactos positivos en la calidad de vida de los segmentos más desprotegidos de la población, a la vez que contribuyen a la mitigación de emisiones de GEI (por ejemplo, las Hipotecas Verdes del INFONAVIT o el intercambio de estufas rurales de leña por estufas ecológicas).

Para lograr la adecuada observancia de la LGCC se requiere formular un conjunto de leyes específicas, reglamentos, normas, estándares y otros instrumentos, que complementen esta regulación y den certeza jurídica a toda acción en materia climática. Es importante la labor de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER) para apoyar la adecuada evolución de los sistemas e instrumentos normativos. Otras instituciones, como la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), serán instrumentales para el cumplimiento de los nuevos reglamentos y normas.

Contar con un marco jurídico que propicie la consolidación de las políticas económicas de crecimiento verde sería muy útil para apoyar las diversas acciones que se requieren. De especial relevancia para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones son:

- la internalización de externalidades ambientales.
- la definición de esquemas y condiciones que fomenten la inversión privada en los nuevos negocios verdes.

Los modelos de negocios verdes implican estrategias corporativas que consideran la creación de valor económico y ambiental como complementarios. Por ejemplo, la inclusión de criterios de sustentabilidad en el diseño de las cadenas de suministro de las empresas tiene el potencial de disminuir la intensidad energética de sus operaciones, a la vez que se logra abatir emisiones y reducir la generación de residuos. Entre los instrumentos que deben ser evaluados están: los impuestos al carbono, la redirección de subsidios a la energía y los incentivos para las prácticas verdes.

Los mecanismos nacionales de financiamiento (por ejemplo, el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía) e internacionales (como los recursos provenientes de organizaciones como las Naciones Unidas, las agencias internacionales de cooperación para el desarrollo o los mercados de carbono) son fundamentales para maximizar la reducción de emisiones de GEI.

El fortalecimiento de capacidades es importante para impulsar la transición hacia una economía verde. No solo es fundamental hacer crecer el capital humano que genere y aproveche las oportunidades de negocio verdes, sino que la identificación e implementación de acciones concretas de mitigación incluya soluciones y talentos locales.

11.2 La estrategia de desarrollo bajo en emisiones como esfuerzo evolutivo

La formulación de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones sigue un proceso iterativo de identificación de alternativas, proyección de los impactos

derivados y evaluación de indicadores ambientales, económicos y sociales (figura 11.1).

11.3. Dos horizontes para las acciones de mitigación

Para maximizar el abatimiento de emisiones de GEI es recomendable implementar las acciones de mitigación en dos horizontes de tiempo:

En el corto plazo, México debe impulsar aquellas iniciativas de mitigación que tienen costos negativos (lado izquierdo de la curva de costos), así como aquellas que tienen un costo positivo cercano a cero y que conllevan cobeneficios importantes a la sociedad (en salud, por ejemplo).

Muchas de las oportunidades identificadas en este segmento están alineadas con los intereses estratégicos de México y se basan en decisiones económicamente congruentes, como el aumento de la eficiencia energética o de la productividad en general. Asimismo, muchas de estas iniciativas y

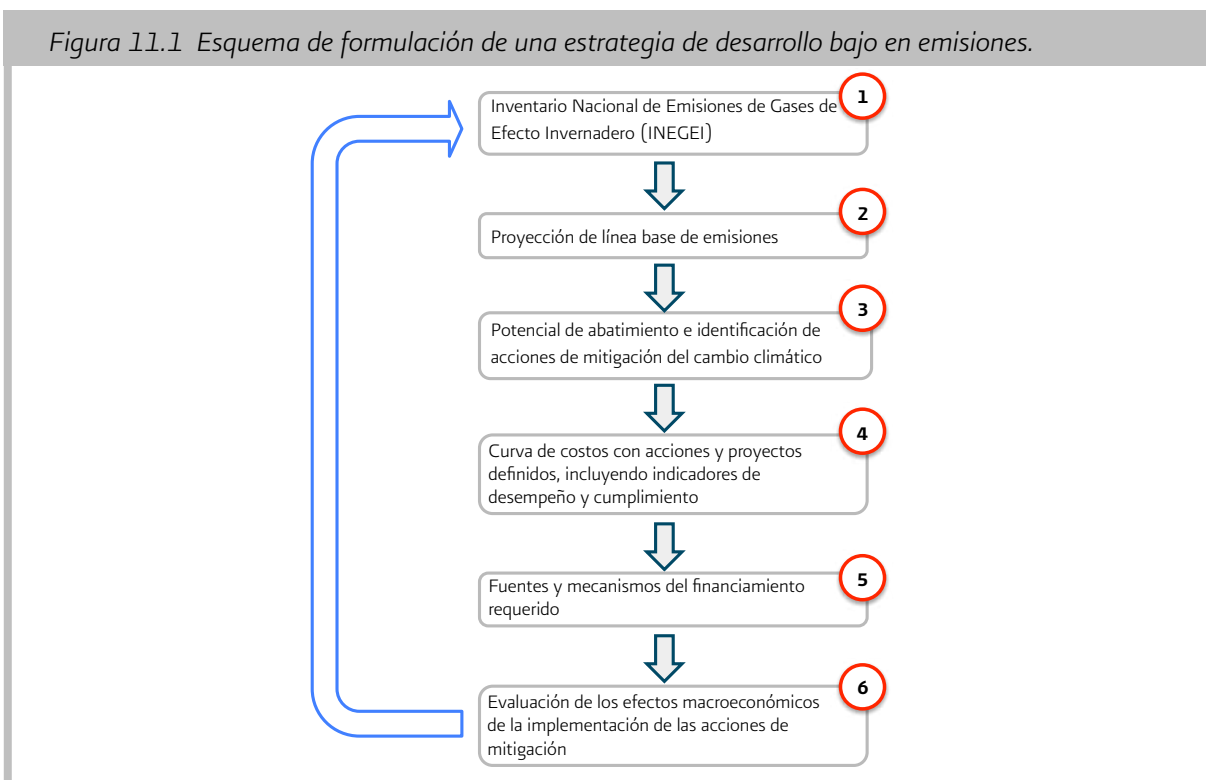
proyectos pueden llegar a realizarse bajo las condiciones actuales de regulación y financiamiento.

En la mayoría de los casos, la inversión requerida permitirá abatir los obstáculos que aún persisten para implementar las iniciativas, por ejemplo: para alcanzar la escala necesaria para que los proyectos sean sostenibles financieramente.

México debe también invertir recursos en la investigación y desarrollo de aquellas iniciativas que tienen un alto costo de implementación. De esta forma se pueden reducir los costos de las tecnologías y aumentar la rentabilidad de los proyectos para hacer atractiva su implementación.

En el largo plazo, se podrán implementar las acciones que hoy representan un alto costo, y que, gracias al desarrollo de las tecnologías y del capital humano, pueden llegar a ser rentables en el futuro. En algunos casos, México podría consolidarse como un líder regional en temas estratégicos, como la producción de energía geotérmica o el desarrollo de asociaciones público privadas verdes.

Figura 11.1 Esquema de formulación de una estrategia de desarrollo bajo en emisiones.



UNIDADES

bep	Barril equivalente de petróleo
EUR	Euro
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt hora
h	Hora
KW	Kilowatt
KWh	Kilowatt hora
m ³	Metro cúbico
Mt	Millón de toneladas
MtCO ₂ e	Millón de toneladas de CO ₂ equivalente
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
s	Segundo
tCO ₂ e	Tonelada de CO ₂ equivalente
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
TJ	Terajoule
ton	Tonelada
TWh	Terawatt hora
USD / US\$	Dólar de Estados Unidos de América
W	Watt

ACRÓNIMOS

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AFVC	Agentes forzantes del clima de vida corta
AFD	Agencia Francesa de Desarrollo
AFoLU	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (por sus siglas en inglés)
AMEXCID	Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química
APF	Administración Pública Federal
APP	Asociación público privada
ASA	Aeropuertos y Servicios Auxiliares
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior
BANOBRA	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BANXICO	Banco de México
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BMU	Ministerio Alemán para el Ambiente, la Conservación Natural y la Protección Nuclear
BMV	Bolsa Mexicana de Valores
BNE	Balance Nacional de Energía
BRT	Sistema de Autobuses Confinados (por sus siglas en inglés)
CAMIMEX	Cámara Minera de México
CANACEM	Cámara Nacional del Cemento
CCA UNAM	Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México
CCE	Consejo Coordinador Empresarial
CCS	Captura y almacenamiento de carbono
CDI	Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas
CEMDA	Centro Mexicano de Derecho Ambiental

CEPEP	Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos
CER	Certificados de Reducción de Emisiones
CESPEDES	Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable
CFC	Clorofluorocarbonos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH ₄	Metano
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CIDR	Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CMM	Centro Mario Molina
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Dióxido de carbono equivalente
CoCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
COFEMER	Comisión Federal de Mejora Regulatoria
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COP	Conferencia de las Partes (de la CMNUCC)
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles distintos al metano
CPCC	Coordinación del Programa de Cambio Climático (del INE)
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CTF	Fondo de Tecnología Limpia (por sus siglas en inglés)
D4WCC	Diálogos por el Agua y el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
DAC	Doméstica de alto consumo (tarifa de consumo eléctrico residencial)
DGIPEA	Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental (del INE)
DOF	Diario Oficial de la Federación
DPL	Development Policy Loans
DUIS	Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables
EIA	Oficina de Información de Energía de los Estados Unidos de América (por sus siglas en inglés)
ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
EPA	Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos de América (por sus siglas en inglés)
EPIA	Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (por sus siglas en inglés)
EOR	Recuperación mejorada de petróleo crudo (por sus siglas en inglés)

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	LFC	Lámparas fluorescentes compactas
FFEM	Fondo Francés para el Ambiente Mundial (por sus siglas en francés)	LGCC	Ley General de Cambio Climático
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica	LGDFS	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
FINNOVA	Fondo Sectorial de Innovación Secretaría de Economía - CONACyT	LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura	LPDB	Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido (de la SAGARPA)	LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
FMI	Fondo Monetario Internacional	MASAGRO	Programa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional
FOMECAR	Fondo Mexicano de Carbono	MBDPCE	Miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente
FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura	MCEZ	Centro Molina para Medio Ambiente y Energía
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales	MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
FTE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	MoU	Memorándum de Entendimiento (por sus siglas en inglés)
GDF	Gobierno del Distrito Federal	MRV	Medición, reporte y verificación
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente	N ₂ O	Óxido de nitrógeno (I)
GEI	Gases de Efecto Invernadero	NAFIN	Nacional Financiera
GGGI	Global Green Growth Institute	NAMA	Acciones de Mitigación Apropriadas Nacionalmente (por sus siglas en inglés)
GGKP	Plataforma de Conocimiento de Crecimiento Verde (por sus siglas en inglés)	NOM	Norma Oficial Mexicana
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional	NOx	Óxidos de Nitrógeno
GLP	Gas licuado de petróleo	NREL	Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos
GPG	Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (de la CFE)	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
GTREDD+	Grupo de Trabajo REDD+	OIT	Organización Internacional del Trabajo
HFC	Hidrofluorocarbonos	OMC	Organización Mundial de Comercio
IAM	Modelo Integrado de Evaluación (por sus siglas en inglés)	OMS	Organización Mundial de la Salud
IEA	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés)	ONG	Organización No Gubernamental
IED	Inversión Extranjera Directa	ONU	Organización de las Naciones Unidas
IEPS	Impuesto Especial sobre Producción y Servicios	PAMUN	Plan de Acción Climática Municipal
INE	Instituto Nacional de Ecología	PDZP	Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático	PEA	Población Económicamente Activa
INEGI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero	PEACC	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática	PECC	Programa Especial de Cambio Climático
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores	PECDRS	Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable
IVA	Impuesto al Valor Agregado	PEF	Programa Estratégico Forestal
IRDef	Índice de Presión Económica (Riesgo) de Deforestación	PEMEX	Petróleos Mexicanos
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	PESA	Programa Especial para la Seguridad Alimentaria
LCID	Ley de Cooperación Internacional para el Desarrollo	PFC	Perfluorocarbonos
LDRS	Ley de Desarrollo Rural Sustentable	PGPB	PEMEX Gas y Petroquímica Básica
LED	Diodo emisor de luz (por sus siglas en inglés)	PIB	Producto Interno Bruto
LEDS	Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones (por sus siglas en inglés)	PICC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
		PIE	Productor Independiente de Energía
		PITU	Proyecto de Transformación del Transporte Urbano
		PND	Plan Nacional de Desarrollo
		PNPGI	Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
		PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	SECCI	Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático (del BID)
POECT	Programa de Ordenamiento General del Territorio	SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
PROÁRBOL	Principales programa federal de apoyo al sector forestal	SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
PROCALSOL	Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México	SEN	Sistema Eléctrico Nacional
PRODEFOR	Programa de Desarrollo Forestal	SENER	Secretaría de Energía
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor	SF ₆	Hexafluoruro de azufre
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
PROGAN	Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola	SICC	Sistema de Información sobre el Cambio Climático
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012	SIE	Sistema de Información Energética (de la SENER)
PROTRAM	Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo	SNCC	Sistema Nacional de Cambio Climático
PSA	Pago por Servicios Ambientales	SNR	Sistema Nacional de Refinación
PSAH	Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos	SO ₂	Dióxido de azufre
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	SRA	Secretaría de la Reforma Agraria
PTTU	Proyecto de Transformación del Transporte Urbano	SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
PyMES	Pequeñas y Medianas Empresas	TACC	Tasa Anual de Crecimiento Compuesto
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación	TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
RIOCC	Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático	UE	Unión Europea
RME	Residuos de Manejo Especial	UMAS	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
RSU	Residuos Sólidos Urbanos	UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	USAID	Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América
SCCF	Fideicomiso Especial para el Cambio Climático	VPN	Valor presente neto
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes	WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
SE	Secretaría de Economía	WRI	World Resources Institute
		ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
		ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México

REFERENCIAS

3GF (2011) Reporte de la Reunión Inaugural: First Global Green Growth Forum. Dinamarca.

Acuerdo por el que se aceptan como equivalentes a la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible y a la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, las regulaciones que se indican y sus respectivos procedimientos de evaluación de la conformidad y se reconocen como válidos para efectos de acreditar su cumplimiento en los puntos de ingreso al país los certificados que se señalan. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Economía (20 de octubre de 2011). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México.

Acuerdo por el que se modifica el diverso por el que se aceptan como equivalentes a la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible y a la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, las regulaciones que se indican y sus respectivos procedimientos de evaluación de la conformidad y se reconocen como válidos para efectos de acreditar su cumplimiento en los puntos de ingreso al país los certificados que se señalan. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (16 de diciembre de 2011). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México.

Vigésima Novena modificación al Acuerdo por el que la Secretaría de Economía emite reglas y criterios de carácter general en materia de Comercio Exterior. Secretaría de Economía (20 octubre 2011). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México.

Agencia Internacional de la Energía [IEA] (2007) Pronóstico de la Agencia Internacional de Energía.

Banco de México (2012) México: Estadísticas. [Base de datos] Disponible en <http://www.banxico.org.mx/estadisticas/index.html>

Banco Mundial (2009) México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC). México.

Banco Mundial (2012a) Project Information Document, Mexico Forests and Climate Change Project.

Banco Mundial (2012b) Indicadores. [Base de datos]. Disponible en <http://datos.bancomundial.org/indicador>

Bloomberg New Energy Finance [BNEF] (2012) Breakthroughs in solar power [PDF document]. Disponible en <http://www.bnef.com/free-publications/presentations/>

Centro Mario Molina (2008) Low-carbon growth. A Potential Path for Mexico. México.

Centro Mario Molina (2012) Primer proyecto demostrativo CCS + EOR en México. México.

Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos [CEPEP] (2008) Metodología para la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Residuos Sólidos Urbanos. México.

Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable [CESPEDES] (2012) Transitando hacia un desarrollo económico verde. México.

Comisión Interinstitucional de Cambio Climático [CICC] (2009) Cuarta Comunicación Nacional ante la CMNUCC. México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] (2012) Áreas Naturales Protegidas. Disponible en http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/

Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] (2010) Visión de México sobre REDD+, hacia una Estrategia Nacional. México.

- Comisión Nacional de Hidrocarburos [CNH] (2009) Disposiciones técnicas para evitar o reducir la quema y el venteo de gas en los trabajos de exploración y explotación de hidrocarburos. México.
- Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI] (2012) Avance del Sector Vivienda a Julio del 2012. México.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE] (2009) Estudio sobre el potencial de cogeneración en México. México.
- Comisión Reguladora de Energía [CRE] y Cooperación Técnica Alemana [GTZ] (2010) Guía para trámites con la Comisión Reguladora para permisos de generación e importación de energía eléctrica con energías renovables, cogeneración y fuente firme. Disponible en <https://www.giz.de/Themen/de/SID-00DA7745-3B7D7FA7/dokumente/sp-Guia-para-tramites-de-permisos-con-la-CRE.pdf>
- CRE (2011a) Cogeneración eficiente de energía eléctrica. México.
- CRE (2011b) Evaluación de la energía Geotérmica en México. México.
- CRE (2012) Tabla de permisos de Generación e Importación de Energía Electrica Administrados al 30 de septiembre de 2012. [Base de datos] Disponible en <http://www.cre.gob.mx/documento/1565.pdf>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL] (2010) Medición de la pobreza: Resultados a nivel nacional y por entidad federativa 2010. México.
- CONEVAL (2012) Líneas de bienestar y canasta básica. Disponible en [http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/medicion/Pobreza_2010/Lineas de bienestar.es.do](http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/medicion/Pobreza_2010/Lineas%20de%20bienestar.es.do)
- CONEVAL y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2012) Proárbol. Programa de Pago por Servicios Ambientales: Evaluación de Consistencia y Resultados 2011-2012. México.
- Decreto por el que se regula la importación definitiva de vehículos usados (1 de julio de 2011) Diario Oficial de la Federación (DOF) México.
- Energy Information Administration [EIA] (2012) Tracking Clean Energy Progress. Estados Unidos.
- Fondo Monetario Internacional (2012) World Economic Outlook Databases April 2012 . [base de datos]. Disponible en <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/02/weodata/index.aspx>
- Galindo, L.M. (ed.) (2009) La economía del Cambio Climático en México: Síntesis. México: Secretaría de Hacienda y Crédito Público [SHCP], SEMARNAT.
- Global CCS Institute (2009) Strategic Analysis of the Global Status of Carbon Capture and Storage. Report 3: Country Studies Mexico. Estados Unidos.
- Ibarrarán, M. y Boyd, R. (2011) Economic analysis of Mexico's Low Emissions Development Strategy - LEDS Mexico. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Ibarrarán, M., Boyd, R. y Elizondo, A. (2012) Reducing subsidies to energy use in Mexico and alternative compensating mechanisms. (Sin publicar).
- Instituto Nacional de Ecología [INE] (2004) Informe de estufas piloto. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/descargas/calaire/informe_estufas_piloto_mz_lrb_final.pdf
- INE (2006) The Benefits and Costs of a Bus Rapid Transit System in Mexico City. México.
- INE (2008) Análisis Econométrico de la Opción de Combustibles en Automotores. México.
- INE (2009) Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un programa de intervención masiva en México. Disponible en http://www.ine.gob.mx/descargas/dgcenica/estudio_comp_estufas.pdf

- INE (2010a) Agenda de cambio climático de México 2010-2020. (Sin publicar). México.
- INE (2010b) Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010. México.
- INE (2010c) Potencial de mitigación de gases de efecto invernadero al 2020 en el contexto de la cooperación internacional. México.
- INE (2010d) Temas emergentes en cambio climático: metano y carbono negro, sus posibles co-beneficios y desarrollo de planes de investigación. Informe Final, INE, MCE², CCA-UNAM, 2010. México.
- INE, SEMARNAT, Centro Mexicano de Derecho Ambiental [CEMDA] (2011) Estudio para la identificación y eliminación de barreras para la implementación de medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptación al cambio climático. México.
- INE (2012a) Elementos para un crecimiento verde en México. México.
- INE (2012b) Evaluación de los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica. (Sin publicar). México.
- INE (2012c) Avances de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático. Disponible en <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/peacc/>
- INE (2012d) Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2007) Octavo Censo Agropecuario, Pesquero y Forestal. México.
- INEGI (2010) Censo de Población y Vivienda 2010. México.
- INEGI (2012) Banco de Información Económica. [Base de datos]. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Laboratorio Nacional de Energías Renovables [NREL] (2012) Estados Unidos. Renewable Electricity Futures Study. Disponible en <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/52409-1.pdf>
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. (28 de noviembre de 2008). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo10297.doc>
- Ley de Asociaciones Público Privadas (16 de enero de 2012). En Diario Oficial de la Federación (DOF) [en línea]. Disponible en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo67319.doc>
- Ley General de Cambio Climático. (6 de junio de 2012). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo71395.doc>
- Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (1 de febrero de 2008). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en [http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SENER/Leyes/01022008\(1\).pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SENER/Leyes/01022008(1).pdf)
- Madrid Ramírez, L. (2011) Los pagos por servicios ambientales hidrológicos: Más allá de la conservación pasiva de los bosques. *Investigación ambiental*, 3 (2): 52-58.
- Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-2004. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas (Primera Sección) (19 de abril de 2005). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4919667&fecha=19/04/2005
- Norma Oficial Mexicana NOM-017-ENER/SCFI-2008. Eficiencia energética y requisitos de seguridad (26 de agosto de 2008). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5057809&fecha=26/08/2008

- Norma Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010. Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba (6 de diciembre de 2010). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5169747&fecha=06/12/2010
- Norma Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2012. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba (Primera Sección) (22 junio 2012). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256182&fecha=22/06/2012
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (2000) Quantification of health effects of exposure to air pollution, Report of a WHO Working Group, EUR/01/5026342 (E74256).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] (2012) Tracking Climate Finance: What and How? Disponible en <http://www.oecd.org/env/climatechange/50314405.pdf>
- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC] (2006) Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- IPCC (2007) Cambio Climático 2007 - Informe de Síntesis. Reino Unido
- PEMEX (2012) PEMEX en cifras. Disponible en http://www.ri.pemex.com/files/content/PEMEX_Fact_Sheet_e_2011D1.pdf
- Presidencia de la República (2011) Quinto Informe de Ejecución del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. México.
- Presidencia de la República (2012) Sexto Informe de Gobierno. Disponible en <http://www.informe.gob.mx/>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [PROFEPA] (2012). Programa Nacional de Auditoría Ambiental. Disponible en http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/26/1/mx/programa_nacional_de_auditoria_ambiental.html
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] (2010) Informe sobre la disparidad en las emisiones.
- PNUMA (2011) Bridging the Emissions Gap.
- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009 – 2012 (27 de noviembre de 2009) En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea], Disponible en http://www.conuee.gob.mx/work/files/pronase_09_12.pdf
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2012. Emisiones de bióxido de carbono (CO₂) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3 857 kilogramos. (12 de julio de 2012). En Diario Oficial de la Federación (DOF) México [en línea]. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5258936&fecha=12/07/2012
- Quadri de la Torre, G. (2008) El cambio climático en México y el potencial de reducción de emisiones por sectores. Disponible en <http://www.cide.edu/cuadernosdedebate.html>
- Rojas-Bracho, L. y Garibay, V. (2012) Importación de autos usados a México: un análisis de políticas públicas. En Flamaud, L. y Rojas-Bracho, L. (eds.) ¿Cómo se gobierna la contaminación en México? Alternativas de política pública ambiental. México: Instituto Nacional de Ecología, El Colegio de México (en dictamen).
- Scott, J. (2011) ¿Quién se beneficia de los subsidios energéticos en México? Cuadernos de debate. Disponible en <http://www.cide.edu/cuadernosdedebate.html>
- SEMARNAT (2009) Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Dirección de Ordenamiento Ecológico. México.
- SEMARNAT (2011) Informe de Avances del Programa Especial de Cambio Climático 2009 – 2012. México.
- SEMARNAT (2012a) Liderazgo ambiental para la competitividad. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/liderazgo/Paginas/liderazgo.aspx>

- SEMARNAT, CCE, CESPEDES, World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development (2012) Programa GEI México. Disponible en <http://www.geimexico.org/>
- Secretaría de Energía [SENER] (2009) Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. México.
- SENER (2010a) Balance Nacional de Energía. México.
- SENER (2010b) Estrategia Nacional de Energía 2010-2024. México.
- SENER (2010c) Prospectiva de Petrolíferos 2010-2025. México.
- SENER (2010d) Prospectiva del Sector Eléctrico 2010 – 2025. México.
- SENER (2011a) Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. México.
- SENER (2011b) Programa de Introducción de Etanol Anhidro. México.
- SENER (2012a) Avance del programa Luz Sustentable a Julio 2012. México.
- SENER (2012b) Estrategia Nacional de Energía 2012- 2026. México.
- SENER (2012c) México: Sistema de Información Energética. [Base de datos] Disponible en <http://sie.energia.gob.mx/>
- SENER (2012d) Boletín de prensa 060.2012. México.
- SENER, Comisión Federal de Electricidad [CFE] (2012) Atlas de Almacenamiento Geológico de CO₂. Disponible en <http://co2.energia.gob.mx/co2/atlas.html>
- SENER, Instituto de Investigaciones Eléctricas [IIE] (2012) México: Explorador de Recursos Renovables. [Base de datos] Disponible en <http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar/Default.aspx>
- SHCP (2010). Canasta de proyectos del PROTRAM-FONADIN-BANOBRAS. México.
- Secretaría de la Reforma Agraria [SRA] (2007) Programa Sectorial de Desarrollo Agrario 2007-2012. México.
- Van Vuuren, Weyant y de la Chesnaye. (2006) Multi-gas escenarios to stabilize radiative forcing. Energy Economics, 28, 102–120.
- William and Flora Hewlett Foundation, The. (2009) Assessing the feasibility to capture identified abatement potential for Mexico.

Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México se terminó de imprimir y encuadernar en SEPRIM/HEUA730908AM1 Cda. de Técnicos y Manuales 19-52, Lomas Estrella, Iztapalapa, C.P. 09880, México, D.F.
Tels. 54437754 54437753
Noviembre de 2012

Se tiraron 1,000 ejemplares

